

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Katedra: Technologie a řízení konfekční výroby v Prostějově

Bakalářský studijní program: TEXTIL B3107

Studijní obor: Technologie a řízení oděvní výroby

Bakalářská práce

Název: Snímání povrchu lidského těla sedící postavy s využitím zařízení MaNescan

Title: Scanning of a surface of a sitting person using MaNescan device

Autor: Jana Bašová

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Ing. Marie Nejedlá

Prostějov 2009

Jana Bašová

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Prostějově, dne 11. 5. 2009

.....

Podpis

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí mé bakalářské práce **Ing. Mgr. Marii Nejedlé**, za odborné vedení, poskytování rad a podporu v průběhu vypracování bakalářské práce.

Dále bych chtěla poděkovat svým rodičům, kteří mě podporovali po celou dobu mého studia.

Anotace

Bakalářská práce se zabývá snímáním povrchu lidského těla sedící postavy bezkontaktním způsobem.

V práci se popisuje jeden z možných způsobů snímání lidské postavy bezkontaktním způsobem. Charakterizuje postup daného snímání a typy zařízení k tomu potřebných. Věnuje se také rozdílům mezi kontaktním a bezkontaktním měřením lidských proporcí.

Praktická část je zaměřena na snímání povrchu lidského těla sedící postavy s využitím zařízení MaNescan a vyhodnocení snímků pomocí programu Catia V5 R16.

Annotation

Bachelors project deals with scanning of a surface of a sitting person with non-contact method.

The project describes one of the possible ways of capturing human build with non-contact method. It characterizes process of scanning and types of needed equipment. The work is devoted to differences between contact and non-contact measurement of human proportions too.

The practical part is focused on scanning of human body surface of sitting figure with the use of equipment MaNescan and images evaluation using program Catia V5 R16.

Klíčová slova

Digitalizace

Laserové skenování

3D skenery

Snímání povrchu objektu

Bezkontaktní měření

Triangulace

Key words

Digitizing

Laser scanning

3D scanners

Scanning of surface the object

Non-contact measurement

Triangulation

Obsah

Úvod	10
1. Snímání povrchu objektu	11
1.1. Definice snímání povrchu objektu	11
1.2. Vznik snímání	11
1.3. Metody snímání	12
1.4. Typy skenerů.....	13
1.4.1. Rozdělení podle způsobu digitalizace.....	13
1.4.2. Rozdělení podle způsobu snímání	14
1.4.3. Rozdělení podle způsobu pohybu zařízení	15
1.5. Metody pro určení třetího rozměru	15
1.6. Funkce a typy laseru	17
1.7. Bezpečnostní třídy laseru.....	18
1.8. Oblasti využití 3D skenování.....	19
2. Součásti systému MaNescan.....	21
2.1. Princip systému MaNescan.....	21
2.2. Hardware systému MaNescan.....	22
2.3. Software systému MaNescan.....	24
2.4. Postup při snímání objektu.....	24
2.4.1. Kalibrace	25
2.4.2. Vlastní snímání	25
2.5. Zpracování nasnímaných dat	26
3. Somatometrické šetření sedících postav na vybraném homogenním souboru kontaktním měřením	28
3.1. Určení souboru pro somatometrické šetření	28
3.2. Měřidla a pomůcky použité při kontaktním měření.....	28
3.3. Pravidla pro měření tělesných rozměrů	29
3.4. Měřené tělesné rozměry – vsedě.....	30

4. Somatometrické zkoumání sedících postav na vybraném homogenním souboru bezkontaktním měřením s využitím programu Catia	32
4.1. Charakteristika systému Catia.....	32
4.2. Některé konfigurace Catia V5 R16.....	34
4.3. Základní použité nástroje pro měření vybraných tělesných rozměrů v 3D programu Catia V5 R16	34
4.4. Postup při měření vybraných tělesných rozměrů v 3D programu Catia V5 R16.....	36
4.4.1. Postup měření výškových rozměrů.....	37
4.4.2. Postup měření obvodových rozměrů	37
4.4.3. Postup měření profilových šířkových rozměrů.....	38
4.4.4. Postup měření čelních šířkových rozměrů.....	39
5. Porovnání výsledků kontaktního měření s bezkontaktním	40
5.1. Vyhodnocení výškových rozměrů	42
5.2. Vyhodnocení obvodových rozměrů	42
5.3. Vyhodnocení čelních šířkových rozměrů	43
5.4. Vyhodnocení profilových šířkových rozměrů	43
5.5. Zhodnocení všech měřených tělesných rozměrů	44
Závěr	45
6. Seznam použité literatury	46
7. Seznam obrázků	47
8. Seznam tabulek	48
9. Seznam příloh.....	49

Použité symboly a zkratky

3D – trojrozměrný, svět, který je možné popsat třemi rozměry.

2D – dvourozměrný, svět, který je možné popsat dvěma rozměry.

RE – (Reverse Engineering) proces přenosu reálné součásti do 3D dat.

CCD – (Charge-Coupled Device) mechanismus s vázanými náboji. Jedná se o elektronickou součástku, která se používá pro snímání obrazové informace v kamerách, digitálních fotoaparátech, skenerech a faxech. [1]

CAD – (Computer Aided Design) počítačem podporované projektování nebo počítačem podporovaný návrh

CAI - (Computer Aided Inspection) počítačem podporovaná kontrola.

MTM – (Made to Measure) šití oděvů na míru konfekčním způsobem.

CATIA – (Computer-Graphics Aided Three Dimensional Interactive Application) počítačová grafika interaktivních 3D aplikací. Jedná se o CAD/CAM/CAE software zabývající se 3D počítačovým konstruováním.

x, y, z – prostorové souřadnice

\bar{x} – průměr

s_x – směrodatná odchylka

v_x – variační koeficient

Úvod

V dnešní době už snad není žádná oblast, kde by se nevyužívala výpočetní technika. Převážně v průmyslu se klade důraz na zjednodušení výrobního cyklu produktu. K jeho optimalizaci mohou přispívat technologie 3D modelování. K tomu je třeba nahradit jeden ze smyslů, kterým člověk vnímá své okolí.

Lidský zrak je velmi složité ústrojí a snahou lidstva je odnepaměti něco vylepšovat a napodobovat. Tyto snahy vedly k různým vynálezům a velkým rozvojem prošly kamery a fotoaparáty, kterými lze lidské oko nahradit. Společně s dalšími komponenty a systémy je možné přenést 3D vzhled jakéhokoliv předmětu do počítače, kde se dá dále modifikovat, což už lidské oko nedokáže. To se provádí pomocí kontaktního nebo bezkontaktního měření a snímání.

Dnes se rozšiřují a zdokonalují převážně bezkontaktní metody snímání, tj. určování prostorových souřadnic daného objektu a jeho následné převedení do číselných dat. Využívá se k tomu nejen CCD snímačů, ale i laserů a příslušných metod pro vyhodnocení. Všechny tyto komponenty tvoří určitý systém. Jedním takovým systémem je MaNescan. Jedná se o systém pro bezkontaktní snímání povrchu lidského těla. Rovněž se může použít pojmu 3D digitalizace.

Metoda a postup při měření v tomto systému jsou už stanoveny. Proto je cílem této práce především popis činností při skenování, potřebného zařízení a následného vyhodnocení. V jedné z kapitol je také charakteristika snímání povrchu objektu a rozdělení dostupných scannerů.

Cílem práce je vyhodnotit somatometrické šetření sedících postav měřených kontaktním a bezkontaktním způsobem. Závěry by měly být stanoveny na základě odlišných hodnot těchto měření, porovnání výhod a nevýhod systému MaNescan. K měření je třeba stanovit homogenní soubor prvků, vybrat tělesné rozměry pro měření a dodržovat určitá pravidla, především přesnost při samotném snímání i následném vyhodnocování.

1. Snímání povrchu objektu

Definice snímání povrchu objektu

Snímání povrchu objektu zahrnuje kontaktní a bezkontaktní určování prostorových souřadnic daného objektu a jeho následné převedení do číselných dat, které umožní jeho zobrazení v dnes již běžných zařízeních výpočetní techniky (osobní počítače). Úkolem snímání povrchu objektu je získat obraz jeho přesného tvaru a rozměrů. Jedná se vlastně o přeměnu reálné předlohy na digitální model.

Všechny metody pro snímání povrchu objektů a jejich následné přesné zobrazení jsou nazývány 3D skenování. Tyto techniky a s nimi spojené technologie a zařízení se neustále vyvíjí.

V některé literatuře je možné nalézt zkratku RE (Reverse Engineering), což je odborný název pro snímání 3D objektu a jeho přenesení do CAD systému.

Snímání se provádí pomocí CCD kamery (digitální záznamové médium) nebo fotoaparátu a laseru, jehož obraz na snímaném subjektu je zaznamenán a vyhodnocen ve formě 3D souřadnic.

V současnosti se jedná o nejefektivnější metodu získávání trojrozměrných dat. 3D model vyobrazuje měřené objekty s přesností na centimetr. Výsledkem je reálný obraz skutečnosti, jenž nelze opatřit odlišným způsobem.

Vznik snímání

Počátky těchto způsobů snímání se datují do první poloviny 20. století, kdy Max Dieckmann a Gustav Glage zobrazili rastrový obraz pomocí katodové trubice. Ve stejné době Charles Townes sestavil přístroj maser jako předchůdce laseru.

První laser tzv. rubínový pak sestavil v roce 1960 T. Maiman. Ve druhé polovině 20. století pak Nikolaj Basov a Alexandr Prochodiv sestavily laser, u kterého vyřešili problém nepřetržitého výstupu záření.

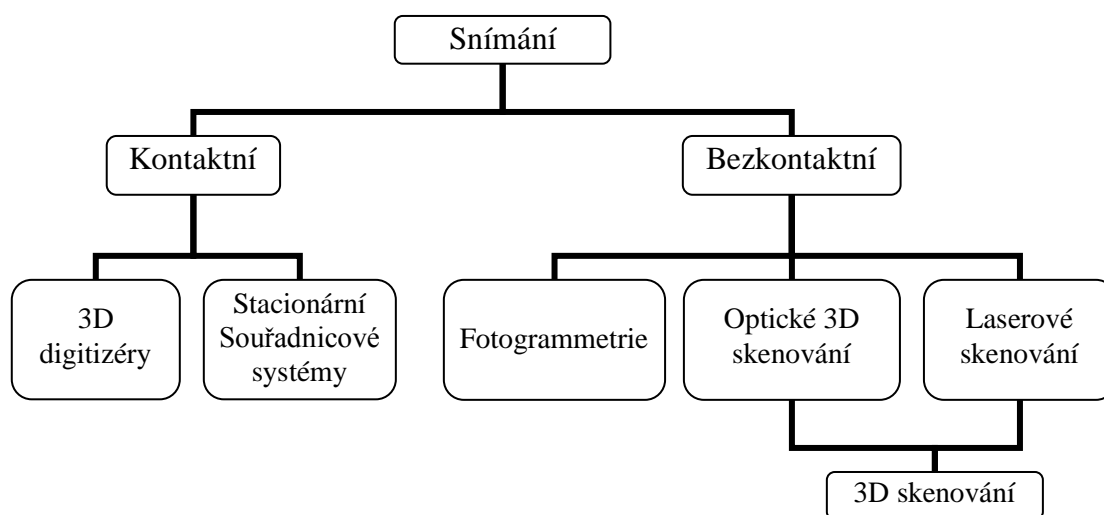
Pro snímání objektů se také stal roku 1969 významný objev vynálezců George Smitha a Willarda Boyla snímač typu CCD.

Další vývoj následoval koncem 20. století především díky počítačové animaci lidské tváře a rukou od Eda Catmulla a Freda Parkera. V 70. letech se začala masově rozšiřovat počítačová grafika s rozvojem osobních počítačů.

[2]

Metody snímání

Základním rozdělením je snímání kontaktní nebo bezkontaktní. V dnešní době se však rozvíjí především snímání bezkontaktní (viz. Obrázek 1), které se podle míry automatizace procesu rozděluje na fotogrammetrii, optické 3D skenování nebo laserové skenování.



Obrázek 1: Rozdělení podle způsobu snímání

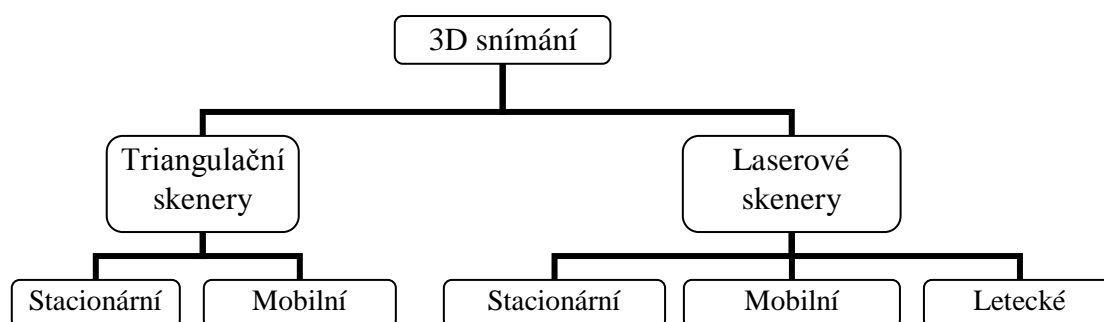
Fotogrammetrie je dnes už stará metoda založena na matematických výpočtech z nafocených snímků. Využívají se i běžné digitální fotoaparáty nebo videokamery. Ke zpracování je nutný specifický počítačový program.

Optické 3D skenování pracuje na principech průsekové fotogrammetrie. Některé postupy jsou plně automatizované. Ke zpracování se využívá korelační analýza. Výstupem je 3D model tvořený trojúhelníkovou sítí. Použití je převážně u menších objektů. Jsou snímány z několika úhlů pomocí optického zařízení. Při každém natočení

se objekt vyfotí a data se odešlou do počítače. Ze všech snímků se data zpracují a vytvoří se digitalizovaný model.

Laserové skenování je založeno na principu krátkých impulsů světla na snímáný objekt ve stanovené mřížce. Laserový paprsek se od objektu odrazí a vrátí zpět do skenovacího zařízení, kde se vyhodnotí. Z času od vyslání do vrácení paprsku se získají informace o rozměrech. Informace o zakřivení povrchu se zjistí z úhlu dopadu odraženého paprsku. Z těchto dat získá scanner přesnou polohu každého bodu a následně ji předá do počítače. Pro zobrazení modelu musí scanner obsahovat digitální kameru nebo digitální fotoaparát. Ke zpracování je potřeba specifický program.

Optické a laserové snímání se dále může rozdělit podle funkce skenování. A to na skenování pomocí laserových skenerů nebo triangulačních scannerů (viz. Obrázek 2). K dalším typům patří scannery mechanické, destruktivní, ultrazvukové a rentgenové.



Obrázek 2: Rozdělení 3D skenerů podle způsobu digitalizace

Typy skenerů

1.4.1. Rozdělení podle způsobu digitalizace

Triangulační skenery jsou konstruovány na základě základny uvnitř přístroje. Využívá se laseru na jedné straně a CCD kamery nebo fotoaparátu na straně druhé. Vyvážením do trojúhelníkového postavení je snímáný objekt v určité vzdálenosti. Je možné také použití dvou digitálních záznamových médií umístěných ve stanovené vzdálenosti a laseru nastaveného přímo na měřený objekt.

Laserové skenery měří horizontální a vertikální úhel a počítají prostorovou vzdálenost buď na základě známé doby letu paprsku laseru, nebo porovnáním fáze vyslaného a přijatého paprsku. Tyto skenery užívají rotační skenující součást, která slouží k postupnému odchylování laserového paprsku. Tak je možné obsáhnout celé okolí skeneru. Okruh měření a přesnost se odvíjí od kvality použitého laseru.

Mechanické skenery jsou převážně ruční. Často se na vrcholu tohoto zařízení nachází hrot, který slouží k bezprostřednímu dotyku s povrchem snímaného předmětu. Tento postup je časově velmi náročný a málo přesný. Nelze je tedy využít ve strojírenství nebo jiných odvětvích zaměřujících se především na přesnost. Je však naprosto postačující pro animátory počítačových her.

Destruktivní skenery snímají nejen povrch objektu, ale také jeho vnitřní rozměry. Při použití těchto metod je skenovaný objekt zničen. K této metodě se využívá speciálních materiálů a vakuum. Postupným odřezáváním jednotlivých vrstev objektu a jejich snímáním se získají data pro vytvoření digitalizovaného modelu.

Ultrazvukové skenery fungují na základě vysílání ultrazvukového signálu a jeho převodu snímačem do souřadnicového systému. Toto skenování se provádí ručně speciálním ultrazvukovým zařízením. Metoda není příliš přesná a zabývá se pouze snímáním povrchu. Jedná se o nedestruktivní metodu.

Rentgenové skenery snímají vnitřní rozměry objektu pomocí rentgenového záření, což je forma elektromagnetického záření. Intenzita záření je vyšší než u klasických lékařských rentgenů. Jedná se o nedestruktivní metodu snímání.

[3]

1.4.2. Rozdělení podle způsobu snímání

Kontaktní skenery vyžaduje se hmotný dotyk sondy s povrchem měřeného objektu. Metoda je časově velmi náročná. Její výhodou je však velká přesnost.

Bezkontaktní skenery nevyžadují hmotný dotyk jakékoliv součásti skeneru s povrchem měřeného objektu. Tento postup lze často využít u objemných těles. Během

snímání se nejčastěji využívají optické a laserové skenery. Veškeré informace poskytují CCD snímače, tj. 2D obraz. Třetí souřadnice, vyznačující vzdálenost od snímače se musí vytvořit některou ze tří základních metod pro určení třetího rozměru (měření doby letu světla, interferometrie a triangulace).

1.4.3. Rozdělení podle způsobu pohybu zařízení

Mobilní skenery se dají snadno přepravovat. Proto se jimi mohou snímat i větší předměty, které se nesnadno přemísťují.

Stacionární skenery nelze přepravovat. Snímané předměty se musí přemístit tam, kde se toto zařízení nachází. S těmito přístroji se skenují převážně objekty omezené velikosti.

Metody pro určení třetího rozměru

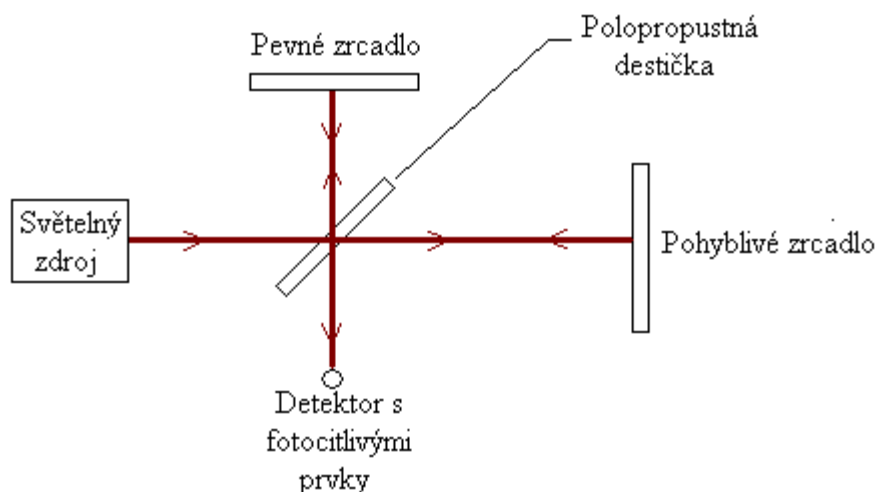
Při transformaci trojrozměrného obrazu na dvojrozměrný se pozbývá důležitá informace o jedné souřadnici, která představuje vzdálenost snímaného předmětu od snímacího zařízení. K transformaci slouží převážně tři základní metody: triangulace, měření doby letu světla a optická interferometrie.

Interferometrie je založena na principu skládání světelných paprsků, pomocí tzv. interferometrů. Ty se většinou skládají ze světelného zdroje, děliče paprsku, dvojice lineárních odražečů a detektoru s fotocitlivými prvky (viz. Obrázek 3).

Paprsek světla vychází ze zdroje a dopadá na slabě postříbřenou polopropustnou destičku nastavenou pod úhlem 45° ke směru paprsku. Paprsek se na destičce rozdělí na dva navzájem kolmé paprsky. První paprsek, který destička propustí, dopadá na otočné zrcadlo. Druhý paprsek, jenž se odrazí, dopadá na fixní zrcadlo. K dalšímu rozdělení paprsků dochází po jejich vrácení na polopropustnou destičku. Část paprsků se vrací do zdroje a část paprsků se skládá v detektoru s fotocitlivými prvky.

K vyhodnocení dojde pomocí interferenčních proužků. Světlý proužek je roven maximu a tmavý proužek minimu. Počet interferenčních proužků prošlých přes šterbinu detektoru, je mírou změny délky.

[4]



Obrázek 3: Zobrazení součástí interferometrie

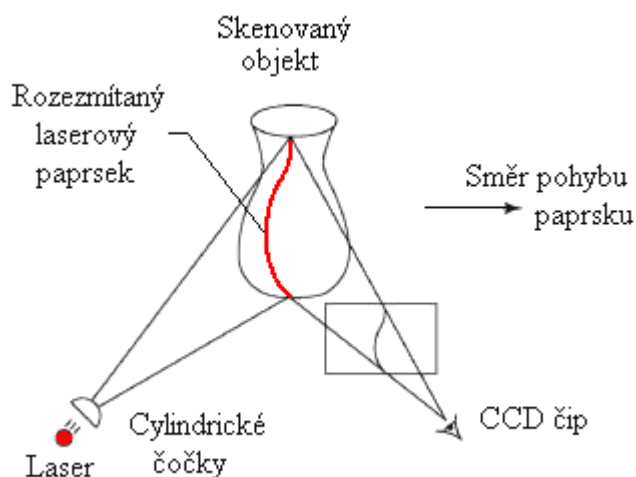
Měření doby letu světla lze určit jednoduše jednu ze souřadnic. Principem je závislost rychlosti vhodného signálu a měřeného optického signálu. Kvůli vysoké rychlosti světla musí být měřicí zařízení velmi přesné.

Triangulace je způsob zjišťování vzdáleností souřadnic. Provádí se trigonometrickým výpočtem. Sestrojí se trojúhelník, jehož jedna strana je strana již známého jiného trojúhelníka s dvěma koncovými referenčními body a třetím bodem je místo, jehož souřadnice se zjišťuje.

a) Pasivní triangulace používá nejčastěji metodu stereovidění, tj. způsob vnímání vzdálenosti objektů. Tento způsob snímání je založen na podobném principu, jakým pracuje lidský zrakový systém při odhadu vzdálenosti. Místo očí je však použita dvojice CCD snímačů, jejichž vzájemná vzdálenost středů je konstantní. Pomocí dvojice snímačů se získají dva stereoskopické snímky. Z úhlu snímaného sdruženými paprsky lze získat vzdálenost povrchu od středu pohledu obou snímačů.

b) Aktivní 2D triangulace (viz. Obrázek 4) spočívá ve fotogrammetrické rekonstrukci snímaného objektu nasvícením jeho povrchu aktivním světelným zdrojem a současným snímáním povrchu objektu CCD snímačem. Výsledkem snímání je rastrový obraz. Zdroj světla spolu se snímačem a osvětleným bodem na zkoumaném objektu tvoří takzvaný triangulační trojúhelník. Spojnici mezi světelným zdrojem a snímačem pak nazýváme triangulační bází. Na straně světelného zdroje je úhel svíraný triangulační bází konstantní, kdežto na straně snímače je úhel určen proměnnou pozicí osvětleného bodu na CCD snímači. Z velikosti tohoto úhlu lze na základě znalosti triangulační báze určit třetí souřadnici bodu na povrchu objektu.

[5]



Obrázek 4: Metoda 2D aktivní triangulace [4]

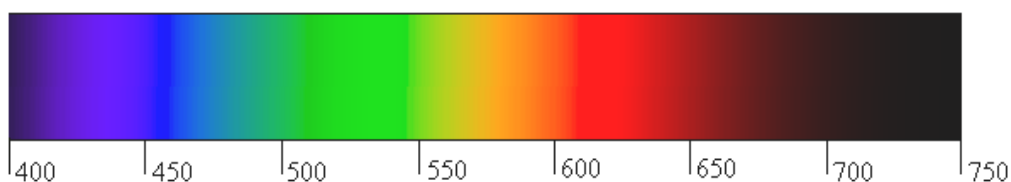
Funkce a typy laseru

Laser „*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* - Zesilovač světla pomocí stimulované emise záření“ je optický zdroj elektromagnetického záření, je koherentní (soudržný) a jeho zdroj kmitá na jediné frekvenci. Je tvořen aktivním prostředím, rezonátorem a zdrojem energie.

Zdrojem energie je do aktivního média dodávána energie. Ta energeticky vybudí elektrony aktivního prostředí ze základní energetické hladiny do vyšší energetické hladiny, dojde k tzv. excitaci. Takto je do vyšších energetických stavů vybudena většina elektronů aktivního prostředí a vzniká tzv. inverze populace. Při opětovném přestupu elektronu na nižší energetickou hladinu dojde k vyzáření kvanta energie ve formě

fotonů. Tyto fotony následně reagují s dalšími elektrony inverzní populace, čímž spouštějí tzv. stimulovanou emisi fotonů, se stejnou frekvencí a fází, i u nich. Díky umístění aktivní části laseru do rezonátoru, tvořeného například zrcadly, dochází k odrazu paprsku fotonů a jeho opětovnému průchodu prostředím. To dále podporuje stimulovanou emisi, a tím dochází k exponenciálnímu zesilování toku fotonů. Výsledný světelný paprsek pak opouští tělo laseru průchodem skrze polopropustné zrcadlo. [6]

Světelný paprsek tj. světlo vidí lidské oko jako barvy. Podle frekvence je viditelné světlo (viz. Obrázek 5) s nízkou frekvencí a nejdelší vlnovou délkou červené a s vysokou frekvencí a nejkratší vlnovou délkou fialové. Lasery v dnešní době pokrývají všechny barvy spektra viditelného světla (elektromagnetické záření). Vlnová délka laserů se pohybuje od ultrafialového záření (100 – 380 nm), přes viditelné světlo (380 – 780 nm) až k infračervenému světlu (780 nm – 10 μ m). [7]



Obrázek 5: Spektrum viditelného světla

Podle látky aktivního prostředí jsou různé typy laseru. Jedná se o lasery pevnolátkové, barvivové, atomární, iontové, molekulární a polovodičové.

Bezpečnostní třídy laseru

Laser pracuje na vlnových délkách, které mohou být soustředěny na sítnici a rohovkou oka. Některé laserové paprsky mohou po soustředění se do malého bodu na sítnici trvale poškodit zrak v důsledku přehřátí sítnice. Z toho důvodu se lasery rozdělují do čtyř bezpečnostních tříd:

Třída 1 - lasery s malým výkonem, které jsou bezpečné za všech podmínek. Není zde riziko poškození zraku při přímém pohledu do paprsku ani s využitím optických pomůcek.

Třída 2 - lasery s nízkým výkonem, které vyzařují viditelné záření. Bezpečnost je zajištěna, při pohledu do paprsku do 0,25 sekund, mrkacím reflexem.

Třída 3A – lasery, které jsou bezpečné při sledování nechráněným zrakem. Při použití optických pomůcek může dojít k poškození zraku.

Třída 3B – lasery, které jsou při přímém nechráněném pohledu do paprsku vždy nebezpečné. Nebezpečný může být i zrcadlový odraz.

Třída 4 - lasery s velkými výkony. Ohrožují nejen zrak, ale také pokožku. Nebezpečné jsou i odrazy paprsku. Jsou schopné způsobit popáleniny nebo řezné rány.

[8]

Běžně dostupné lasery bývají maximálně ve třídě 3.

Oblasti využití 3D skenování

V současnosti jsou stále žádanější digitální formy různých objektů. 3D skenery se používají např. v kosmetickém průmyslu, automobilovém průmyslu, medicíně letectví či strojírenství a architektuře. Využívají se k měření odchylek, deformací, rekonstrukcím a kontrole hotových výrobků. K nejvýznamnějším oblastem však stále patří stavebnictví, strojírenství a automobilový průmysl.

Ve stavebnictví se 3D skenování využívá především k zaměření mostů, složitých konstrukcí, hrází a jiných stavebních prvků. Je důležité pro správné zpracování podkladů pro stavbu a následující tvorbu přesného modelu. 3D skenování je velmi významné také pro památkáře, kteří ho využívají při rekonstrukci památek.

Ve strojírenství a automobilovém průmyslu se využívá především k tvorbě 3D modelů součástí a výrobků. Designéři vytvoří svůj projekt jako model, který je převeden do CAD systému. Velmi podstatná a důležitá je také kontrola. Finální výrobek se nasnímá a pomocí speciálních programů CAI porovná hodnoty modelu a finálního výrobku. Tím se zjistí odchylky vzniklé při výrobě.

V dnešní době se 3D skenování používá také v oblastech, jako je filmový průmysl, reklama a internet. Významnou roli také hraje ve zpracování náročných počítačových her, ve kterých je stále žádanější dokonalá grafika. Grafici a designéři potřebují převést složité návrhy do digitální podoby, aby je mohli dále využít.

V oděvním a obuvnickém průmyslu je možné 3D skenování užít pro výběr vhodného tvaru obuvi nebo oděvu. V dalším zpracování se může využít pro rozvinování povrchu těla nebo zobrazení postavy při metodě MTM (Made to Measure). Další činností je také sběr somatometrických dat.

Měření lidského těla už dnes není novinkou, ale v České republice se žádný podobný systém nevyužívá. V zahraničí jsou použity systémy Cyberware, TC², RSI nebo Victronic.

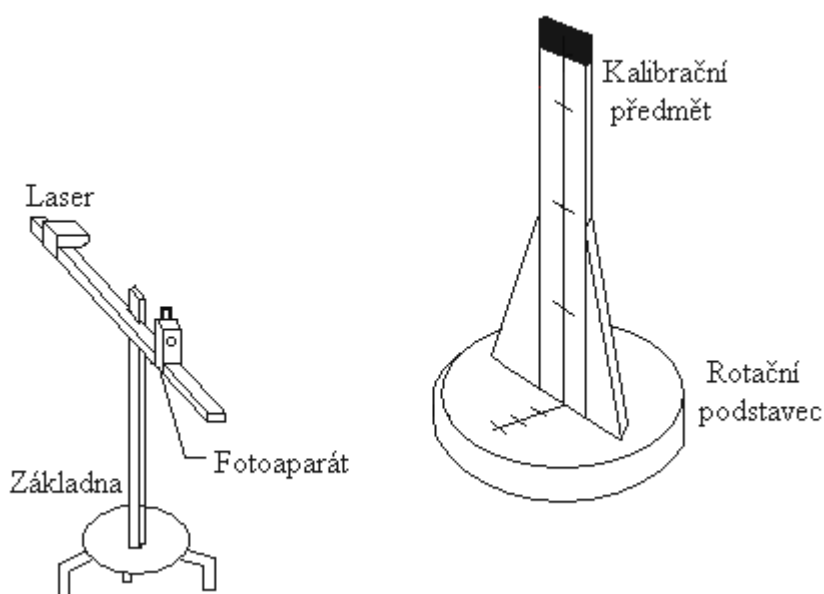
2. Součásti systému MaNescan

Princip systému MaNescan

MaNescan je systém založený na principu bezkontaktního snímání povrchu lidského těla s využitím aktivní 2D triangulace. Aktivní je zde laserový paprsek. Ten vytváří světelný pruh na snímaném objektu a Digitální objekt umístěný na rotačním podstavci se postupně otáčí a současně je snímán fotoaparátem. Tak se získají snímky vertikálních linií zobrazovaných na povrchu objektu, jejichž složením se vytvoří 3D model povrchu lidského těla. Z digitálních snímků lze vypočítat prostorovou polohu jednotlivých souřadnic bodů snímaných linií.

Laser je stacionárně umístěn na jedné straně základny a digitální záznamové zařízení na straně druhé. Vyvážení do trojúhelníkového postavení zde zastává rotační podstavec v určité vzdálenosti (viz. Obrázek 6). Na podstavec se umísťuje snímáný objekt a tím se vytvoří tzv. triangulační trojúhelník.

Digitální fotoaparát je umístěn na základně a natočen směrem k rotující točně. Úhel, který svírá fotoaparát se základnou, má proměnnou pozici. Laser, na opačném konci základny, formuje laserovou rovinu. Úhel, který svírá laser se základnou, je konstantní. Točna se vyznačuje konstantní úhlovou rychlostí. Natočení laseru a digitálního fotoaparátu vytváří svým průsečíkem prostorový bod ve středu rotující točny, kam se umísťuje snímáný objekt.



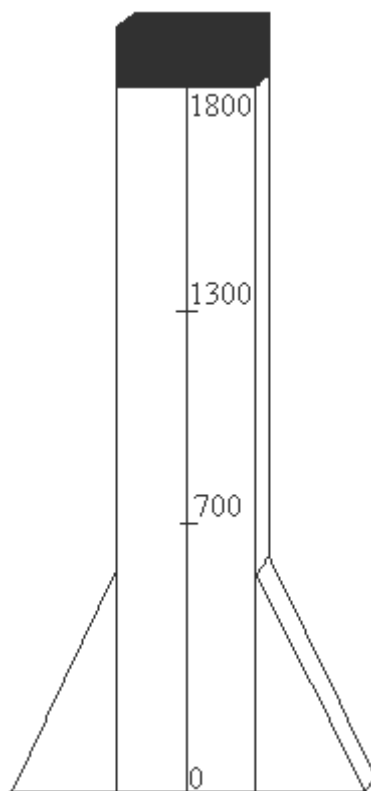
Obrázek 6: Sestava systému MaNescan

Hardware systému MaNescan

Fotoaparát Nikon COOLPIX 4500. Jedná se o digitální fotoaparát s otočným objektivem, takže lze pořídit snímek z různých úhlů natočení. Objektiv je otočný v rozsahu 270° s možností aretace. Přístroj je vybaven čipem s maximálním rozlišením 2272 x 1704 pixel. Aparát umožňuje použití optických předsádek a externích blesků. Snímky se ukládají na paměťové karty Compact Flash. Fotoaparát má automatické, poloautomatické i manuální režimy.

Kalibrační předmět – (viz. Obrázek 7) slouží ke kalibraci. V systému MaNescan se jedná o dřevěnou desku o rozměrech 2050 x 155 x 18 mm. Výška je odvozena od průměrné výšky člověka. Tento kalibrační předmět je uzpůsoben k vertikálnímu postavení a zároveň je dostatečně lehký, aby ho dokázal přemístit dospělý člověk.

Celý kalibrační předmět je rozdělen kalibračními rovinami. Jedna vertikální rovina vede podélně středem. Horizontální roviny jsou čtyři. První je totožná s dolním krajem kalibračního předmětu. Další tři roviny jsou určené od dolního kraje v 700, 1300 a 1800 mm.



Obrázek 7: Kalibrační předmět

Rotační podstavec je charakterizován konstantní úhlovou rychlostí. Jedná se o dřevěnou kruhovou desku opatřenou krokovým motorem. Během jednoho cyklu se otočí 40krát. Před měřením se musí srovnat tak, aby střed byl totožný s paprskem laseru a začínal svůj cyklus vždy z určeného počátku. Průměr podstavce je 705 mm a na jedné polovině jsou vyznačeny 4 značky pro umístění kalibračního předmětu při kalibraci ve vzdálenosti 100 mm. Po stranách podstavce jsou upevněna madla pro oporu objektu.

Podstavec se ovládá ovládačem, na kterém jsou tři tlačítka. První dvě znázorňují dva režimy otáčení. V jednom režimu se točna otáčí po 9° po dobu 4 minut a ve druhém režimu se točna otočí v jednom cyklu bez zastavení po dobu 40 sekund. Třetí tlačítko slouží pro zastavení otáčení podstavce během cyklu.

Stolička je jednoduchá bez jakékoliv opory zad vysoká 450 mm. Má koženkový sedák tmavohnědé barvy kulatého tvaru o průměru 355 mm. Čtyři kovové nohy jsou ovinuty černou lepicí páskou, aby se od nich neodrážel laserový paprsek. Tmavé barvy jsou použity z toho důvodu, že je fotoaparát nezaznamená a obraz stoličky se nemusí následně ze snímků složitě mazat.

Brýle jsou důležité k ochraně zraku při skenování. V systému MaNescan jsou použity speciální brýle k ochraně zraku od společnosti Laser Vision.

Laser – vytváří jednu rovinu triangulačního skeneru. V systému MaNescan je využit polovodičový čárový laserový modul IMM-1255L-635-1-100-K bezpečnostní třídy 2. Jeho základní parametry jsou zobrazeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Parametry laseru IMM-1255L-635-1-100-K

Parametry	Průměrné hodnoty
Vlnová délka	635 nm
Provozní teplota	25°
Skladovací teplota	-25° až 70°
Šíře paprsku do vzdálenosti 1m	1 mm
Délka paprsku do vzdálenosti 1m	2,3 m
Napětí	3 až 6 V
Proud	50 mA
Třída laseru	2

Software systému MaNescan

K softwaru systému patří kalibrace a program Mit MaNescan. Při kalibraci je důležité určení prvků vnitřní a vnější orientace fotoaparátu. Díky zmiňovanému programu je tato operace velmi jednoduchá, protože při zpracování snímků se provede automaticky.

Kalibrace zahrnuje všechny úkony prováděné při určitých podmínkách. Slouží k určení hodnot, podle kterých se budou vyhodnocovat všechny snímky. Musí se provést před každým snímáním. Při výměně fotoaparátu nebo při pohybu s laserem dojde k mírným odchylkám, které jsou však zásadní při zpracování dat po nasnímání objektu. Důležité je stanovení geometrie laseru a kalibračního předmětu. Na základě přesné kalibrace mohou být odvozeny všechny polohy tak, že jakákoli kombinace polohy může být použita pro další zpracování 3D modelu.

Program Mit MaNescan slouží pro zpracování všech nasnímaných fotografií. Kalibrační snímky za tmy slouží pro určení středních hodnot x a snímky za světla jsou pro určení hodnot z . Program automaticky spočítá hodnoty y . Pro určení prostorových souřadnic bodů na objektu se jednotlivé výpočty uloží do textového souboru.

Po získání těchto souřadnic x , y , z lze také naskenovaný 3D model zobrazit. Výsledný 3D objekt se znázorní z jednotlivých vertikálních linií. Celým modelem lze otáčet. Uživatelské rozhraní však není na tak vysoké úrovni, aby bylo možné v tomto programu provést bezkontaktní měření tělesných rozměrů. K tomu je třeba využít některý dostupný 3D CAD program.

Postup při snímání objektu

Povrch měřeného objektu je v temné místnosti nasvícen laserem a průběžně snímán fotoaparátem. Celkem se vytvoří 41 snímků. Ke stanovení a snímání povrchu objektu se využívá laseru a digitálního fotoaparátu. Přibližně na střed točny je umístěna jednoduchá stolička, na níž sedí skenovaný objekt. Před snímáním se provede kalibrace pomocí kalibračního předmětu.

Před kalibrací se vytvoří jeden snímek v osvětlené místnosti. Ten slouží k vizuální kontrole, zda laserový paprsek kryje osu kalibračního předmětu. Pokud je obraz laserového paprsku shodný s vertikální linií kalibračního předmětu, nastavení laseru je vhodné pro vlastní snímání a následuje kalibrace.

Kalibrace

Při samotné kalibraci v systému MaNescan se snímá kalibrační předmět umístěný na rotačním podstavci. Důležité je, aby paprsek laseru vždy kryl vertikální linii kalibračního předmětu. První dva snímky se provádí s umístěným kalibračním předmětem ve středu rotačního podstavce. Pro další snímky se kalibrační předmět posune vždy o 100 mm od středu podstavce směrem k laseru. Musí se tedy nafotit celkem 8 snímků ve čtyřech polohách vyznačených na podstavci (viz. Příloha 1).

Kalibrační snímky jedné polohy jsou vždy snímány za světla i v temné místnosti. Snímání za tmy a za světla je důležité kvůli pozdějšímu zpracování v programu Mit MaNescan.

Vlastní snímání

Po kalibraci se z rotačního podstavce odstaví kalibrační předmět a místo něj se připevní černá textilní podložka. Černá barva z toho důvodu, že ji fotoaparát v temné místnosti na snímku nezachytí a nedojde k odrazu laserového paprsku od lesklé dřevěné desky podstavce.

Proband je snímán vsedě oblečený pouze ve světlém prádle prádle. Na tmavém prádle by laserový paprsek ve tmě nebyl na snímcích dobře vidět. Při měření je důležité, aby měřený objekt měl speciální brýle k ochraně zraku. Musí také mít pokrývku hlavy, aby při vyhodnocení nedocházelo k zakrytí důležitých somatometrických bodů na těle a následně chybnému vyhodnocení v CAD programu.

Základní posed probanda na stoličce je v přirozené poloze, stejně jako u kontaktního měření. Spuštěnými pažemi se přidržuje tyčí madel připevněných k podstavci a ve výchozí pozici sedí zády k laseru. Střed zad by měl být totožný se

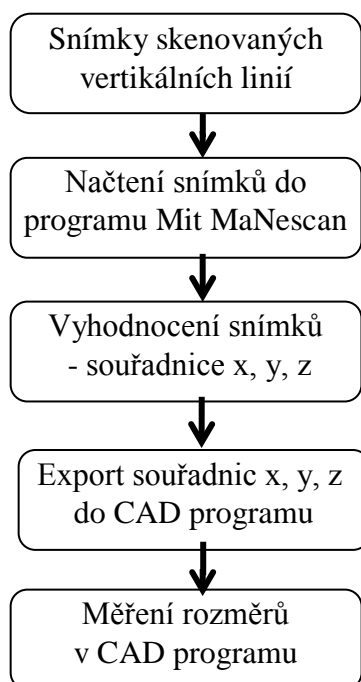
středem podstavce. Vlastní snímání probíhá v temné místnosti. Na snímcích se tak zobrazí pouze vertikální linie paprsku laseru zobrazené na povrchu objektu.

První snímek se vyfotografuje ještě před začátkem cyklu rotačního podstavce. Po tomto snímku se spustí režim podstavce s otáčením po 9° a následuje dalších 40 snímků. Musí se tedy nafotit celkem 41 fotografií lidské postavy (viz. Příloha 2).

Zpracování nasnímaných dat

Výsledkem měření je celkem 8 snímků pro kalibraci a 41 snímků pro zpracování 3D modelu povrchu lidského těla. Zpracováním všech fotografií se vytvoří soubor, který se běžnými grafickými prostředky prakticky nedá správně zpracovat a zobrazit. Pro zpracování měřených dat existují speciální 3D programy. Zjednodušený postup zpracování dat v systému MaNescan je znázorněn na obrázku 8.

Aby bylo možné vytvořit 3D obraz, snímky vertikálních linií se musí přepočítat do souřadného systému (souřadnice x , y , z). Současné systémy to provádí automaticky. V systému MaNescan je nutné tyto fotografie vyhodnotit v programu Mit MaNescan.



Obrázek 8: Zpracování dat po naskenování

Po nasnímání se kalibrační a měřené snímky přenesou pomocí datového kabelu do počítače a následně se vyhodnotí v programu **Mit MaNescan**.

Po přenesení fotografií do počítače se v programu Mit MaNescan vyhodnotí prostorové souřadnice bodů. Nejprve se určí citlivost (150), ve které se budou snímky zpracovávat. Prvním krokem je „Kalibrace x“, kdy se musí načíst všechny 4 kalibrační snímky focené v temné místnosti a zvolí se průměrné hodnoty. Program hodnoty následně přepočítá.

Následuje „Kalibrace z“, kdy se načítají jednotlivě kalibrační snímky focené za světla. Vždy v dané kalibrační rovině a určeném bodě se zjistí jeho poloha a následně se všechny body vyhodnotí a spočítá se odchylka (chyba). Po té se načte všech 41 snímků lidské postavy a dojde k jejich vektorizaci. Tím se přesně definují polohy všech bodů vertikálních linií. Tato data se musí uložit v textovém souboru. Pro 3D zobrazení objektu v programu se otevře daný textový soubor.

3. Somatometrické šetření sedících postav na vybraném homogenním souboru kontaktním měřením

Kontaktní měření – vyžaduje hmotný dotyk měřidla s povrchem měřeného objektu. Jedná se stále o nejpoužívanější metodu pro somatometrický sběr dat. Měření se provádí pomocí různých pomůcek. Získávají se jím informace o hodnotách tělesných rozměrů, ale nezobrazuje tvar lidského těla.

Výhodami kontaktního měření tělesných rozměrů jsou nízká cena a jednoduchá výpočetní technika. K nevýhodám se řadí náročná manipulace s nástroji, nutnost záznamu dat, časová náročnost, nepřesnost, absence zobrazení tvaru povrchu těla, nutnost značných zkušeností pracovníka provádějícího měření.

3.1. Určení souboru pro somatometrické šetření

Pro somatometrické šetření je nutné určit homogenní soubor prvků.

Jednotlivými probandy se staly studentky Technické univerzity v Liberci Katedry konfekční výroby v Prostějově. Měřený soubor obsahoval 30 testovaných osob ve věku 19 až 25 let. Antropometrické měření bylo provedeno v době od 5. 11. 2008 do 2. 12. 2008. Vybrané tělesné rozměry byly zaznamenávány do karty probanda a pro přehlednější vyhodnocení následně převedeny do souhrnné tabulky rozměrů kontaktního měření (viz. Příloha 3).

Měření byla prováděna se souhlasem dotyčných osob v experimentální laboratoři na katedře technologie a řízení konfekční výroby v Prostějově. Pracoviště je zřízeno pro účely bezkontaktního snímání povrchu lidského těla s využitím laserové triangulace a schváleno krajskou hygienickou stanicí Olomouckého kraje.

3.2. Měřidla a pomůcky použité při kontaktním měření

Antropometr – kovová tyč s milimetrovou stupnicí a jedním posuvným ramenem. Používá se především pro měření výšek. Antropometr při měření stojí vždy ve svislé poloze, kolmo k základní rovině (viz. Obrázek 9).

Torakometr – kovová tyč s milimetrovou stupnicí a dvěma rameny, jedním stacionárním a druhým pohyblivým (viz. Obrázek 9). Používá se pro měření čelních a profilových šířek. Při měření nesmí být rameny stlačován povrch těla.



Obrázek 9: Schéma antropometru a torakometru

Měřicí páska – s milimetrovou stupnicí. Je určena k měření délkových, šířkových a obvodových povrchových tělesných rozměrů. Při měření musí měřicí páska těsně přiléhat k tělu, nesmí však stlačovat povrch těla a deformovat jeho přirozený tvar.

Těloměrná páska – tkanice, nebo pruženka upevněná v pase, která zajišťuje stálou polohu pasové linie po celém obvodu těla.

Úhloměr – souží pro zjišťování sklonu ramene.

[9]

3.3. Pravidla pro měření tělesných rozměrů

- 1) Měření se provádí na postavě bez obuvi a s minimálním oblečením, které umožňuje určení somatometrických bodů na těle.
- 2) Párové tělesné rozměry se měří na pravé polovině těla.
- 3) Měření rozměrů s použitím těloměrné pásky vždy končí nebo začínají na jejím spodním okraji.
- 4) Rozměry se měří s přesností na mm.
- 5) Při měření statických rozměrů sedí proband rovně, bez opory zad, trup má svírat pravý úhel s rovinou sedadla, hlava je zpříma a ruce jsou volně spuštěny podél těla.
- 6) Dynamické rozměry jsou měřeny v příslušných polohách.

3.4. Měřené tělesné rozměry – vsedě

Proband sedí rovně, bez opory zad, trup těla je kolmo k rovině sedadla, hlavu drží zpříma v rovnovážné poloze, ruce má složeny podél těla.

Výška postavy v sedě – měří se od základní roviny k temennímu bodu a odečte se výška stoličky, na které objekt sedí.

Výška sedmého krčního obratle – měří se od roviny sedadla, na kterém proband sedí k vrcholu 7. krčního obratle.

Výška prsou – měří se od základní roviny k nejvystouplejšímu místu prsů.

Výška pasu – měří se od základní roviny k zadnímu pasovému bodu na spodním okraji těloměrné pásy.

Obvod hrudníku – měří se zepředu dozadu při normálním dýchání vodorovně kolem hrudníku. Měřicí páska se vede vpředu přes prsní body (prsní bradavky, u žen a dívek přes nejvystouplejší místa prsů) a spojuje se vzadu na pravé straně těla.

Obvod pasu – měří se příčně kolem trupu v úrovni pasových bodů. Postava sedí vzpřímeně a normálně dýchá.

Šikmý obvod sedu – měří se kolem pánve v úrovni nejvystouplejších míst (viz. Obrázek 10).



Obrázek 10: Měření šikmého obvodu sedu

Čelní šířka hrudníku – měří se mezi bočními stranami hrudníku v úrovni nejvystouplejšího místa prsů.

Čelní šířka pasu – měří se v úrovni bočních pasových bodů.

Čelní šířka sedu – měří se mezi bočními stranami pánve v úrovni nejvystouplejšího místa hýždí.

Profilová šířka hrudníku – měří se mezi zadní a přední stranou hrudníku v úrovni nejvystouplejšího místa prsů.

Profilová šířka pasu – měří se mezi zadní a přední stranou pasu v úrovni pasových bodů.

Profilová šířka sedu – měří se mezi zadní a přední stranou pánve v úrovni sedového bodu v nejvystouplejším místě hýždí, pod úhlem 131° .

Profilová šířka krku – měří se od 7. krčního obratle k přednímu krčnímu bodu zhruba pod úhlem 60° .

[10]

4. Somatometrické zkoumání sedících postav na vybraném homogenním souboru bezkontaktním měřením s využitím programu Catia

Bezkontaktní měření - nevyžaduje hmotný dotyk jakékoliv součásti s povrchem měřeného objektu. Získává a zobrazuje se jím tvar lidského těla.

Výhodami bezkontaktního měření tělesných rozměrů jsou velký ucelený soubor dat, využití výpočetní techniky, snadná manipulace s daty a rychlost měření. Za nevýhody se považují vyšší cena, nutnost speciální technologie schopné zpracovat velké množství nasnímaných dat.

4.1. Charakteristika systému Catia

Jedná se o CAD/CAM/CAE komerční software vyvíjený společností Dassault Systemes a celosvětově distribuovaný obchodním partnerem společností IBM. Zabývá se 3D počítačovým konstruováním. Je nejrozšířenějším systémem pro konstruování a modelování v automobilovém a leteckém průmyslu. Používá se však také v ostatních průmyslových odvětvích např. v průmyslu spotřebního zboží a elektroniky, ve strojírenském průmyslu nebo lodním průmyslu. K nejznámějším firmám, které používají tento systém, patří např. Boeing, LUX, Chrysler, BMW nebo ŠKODA. Více jak 50 % uživatelů jsou malí výrobci.

Firma Dassault Systemes vyvíjí nejen software Catia. Všechny systémy společnosti mají sjednocený vzhled uživatelského prostředí a loga (viz. Obrázek 11). Software Catia je dostupný ve třech variantách tzv. platformách. Ty jsou odstupňované podle uživatelů a jejich úrovní využívání CAD/CAM/CAE systémů. Do produktu z jedné platformy lze přenést data do jiné nebo na ně pouze vytvářet odkazy.



Obrázek 11: Logo programu Catia

- Platforma P1 obsahuje softwarové moduly zaměřené na objemové modelování. Je vhodná pro začínající uživatele.
- Platforma P2 obsahuje softwarové moduly a konfigurace modulů založených na hybridní modelovací technologii. Je vhodná pro uživatele s produktově a technologicky zaměřeným vývojovým procesem.
- Platforma P3 je vysoce specializovaná. Doporučuje se pro zkušené uživatele a zákazníky, kteří ji využijí nejen pro části výroby, ale také pro složité průmyslové celky.

Tento systém tedy dokáže obsáhnout celý životní cyklus daného výrobku. Zahrnuje mechanickou konstrukci, analýzy, vnitřní zařízení a systémy, syntézu produktu, návrh celého závodu, tvarování, infrastrukturu systému a podpora výrobních technologií. Díky integraci celého procesu a jeho simulaci, se snižuje potřeba fyzických prototypů, zkracuje se vývojový cyklus, snižují se náklady a zvyšuje se kvalita konečného výrobku.

Společnost Dassault Systemes se neustále snaží o rozvoj a adaptaci systému na nejnovější technologie. Verze Catia V5 je vytvořena se zjednodušeným uživatelským rozhraním a byla představena v roce 1999. Dnešní Catia V5 obsahuje přes 160 různých modulů a přes 140 speciálních využití. Na tvorbě těchto modulů a aplikací spolupracovaly partnerské organizace.

V takovém množství modulů bylo těžké se vyznat, proto v roce 2006 byla představena nová strategie firmy Catia PLM Express, která pro zákazníky zjednodušila orientaci v systému. Nejvýraznějším počinem bylo vytvoření a rozčlenění jednotlivých modulů. Rozdělení proběhlo na základě různých pracovních úkolů a požadavků daného pracoviště. Systém tedy nemusí být nainstalovaný kompletní, ale pouze jednotlivé části. Při tom se může kdykoliv některá část systému dodat.

Dnes už je na trhu i verze programu Catia V6. Jejím hlavním úkolem je inovace spolupráce v rámci podniku. Data jednotlivých konfigurací systému se nyní zpřístupní každému bez ohledu na to, kde byla vytvořena. Každé pracoviště v podniku nyní může ihned pracovat s produkty vytvořenými na jiném pracovišti.

[11]

4.2. Některé konfigurace Catia V5 R16

Jedná se o produkty pro vytváření, řízení a modifikace složitých ploch na bázi povrchového modelování. Obsahuje nástroje potřebné všechny nároky vývoje v různých průmyslových oblastí.

Infrastructure (infrastruktura systému) – Aplikace, která umožňuje sdílení a využívání dat v rámci podniku.

Mechanical Design (mechanická konstrukce) - Poskytuje produkty pro 3D modelování (Part Design), pro modelování ploch, tvorbu a práci s výkresy.

Shape (tvarování produktu) – Aplikace pro vytváření, řízení, modifikace a úpravy složitých ploch.

Analysis & simulation (analýzy a simulace) - Nabízí produkty pro jednoduché analýzy metodou konečných prvků, určených pro konstruktéry k prvotní analýze jednotlivých dílů nebo sestav. Umožňuje analyzovat napětí a vibrace.

Machining (NC obrábění) – Tvorba dat pro výrobní technologie pomocí CAD modelů.

Digital Mockup (digitální model) – Zabývá se kinematickými vazbami součástí modelu.

Equipment and System Engineering Solution (vnitřní zařízení a systémy) - Obsahuje produkty pro návrhy elektrických zařízení, kabelových svazků a rozvodů.

Knowledge ware – Umožňuje uchovat v modelu konstrukční i jiné specifikace pro pozdější opětné použití nebo modifikace

[12]

4.3. Základní použité nástroje pro měření vybraných tělesných rozměrů v 3D programu Catia V5 R16

Velkou výhodou verze V5 je jeho intuitivní prostředí. Kladné pro uživatele je, že se podobá prostředí ve Windows. K měření tedy stačí jen malé množství nástrojů a pouze v jedné konfiguraci programu (viz. Tabulka 2).

Tabulka 2: Ikony základních nástrojů programu Catia V5 R16

Ikona	Funkce	
	anglicky	česky
	Point	Bod
	Line	Přímka
	Plane	Rovina
	Spline	Křivka
	Constraint	Kóty
	Measure Between	Měření mezi body
	Measure Item	Bodové měření
	Rotate	Rotace
	Isometric View	Způsob zobrazení
	Hide/Show	Skrýt/ukázat
	Import	„Dovoz“
	Remove	Odebrat

Point - vytvoří bod zadaným způsobem. V „Point type“ je možné vybrat bod samostatný, na křivce, na rovině, na ploše, ve středu kružnice a mezi dvěma body. Při označení daného bodu je možné opravit jeho souřadnice x, y, nebo z.

Line - vytvoří přímku způsobem zadaným. V položce „Line type“ vytvoří přímku mezi dvěma body, z bodu daným směrem, z bodu na ploše pod úhlem ke křivce, která tímto bodem prochází, tangentsní přímku ke křivce v zadaném bodě, normálovou přímku k ploše v zadaném bodě

Plane - vytvoří rovinu zadaným způsobem. Je možné vybrat si vytvoření roviny paralelní, otočenou o zadaný úhel, procházející třemi body, vytvořenou pomocí dvou přímk, procházející bodem a přímkou, atd.

Spline - vytvoří křivku zadáním několika bodů.

Constraint – používá se ke kótování ve 3D prostoru zadáním jednoho nebo dvou elementů.

Measure Between – slouží pro měření vzdálenosti mezi dvěma body. Je možné zvolit více měřených vzdáleností.

Measure Item – slouží pro měření souřadnic bodu nebo určitého uzavřeného objektu daného modelu.

Rotate – využívá se k otočení 3D objektu do jakékoliv polohy.

Isometric View – využívá se k otočení 3D objektu do předem určené polohy. Jedná se o nárys, půdorys, bokorysy a trojrozměrný pohled.

Hide/Show – používá se pro ukrytí/zviditelnění bodů, přímek, rovin, celého nebo části modelu.

Import – je potřebný k načtení dat při vytvoření nového produktu v programu.

Remove – smaže nepotřebnou část modelu.

4.4. Postup při měření vybraných tělesných rozměrů v 3D programu Catia V5 R16

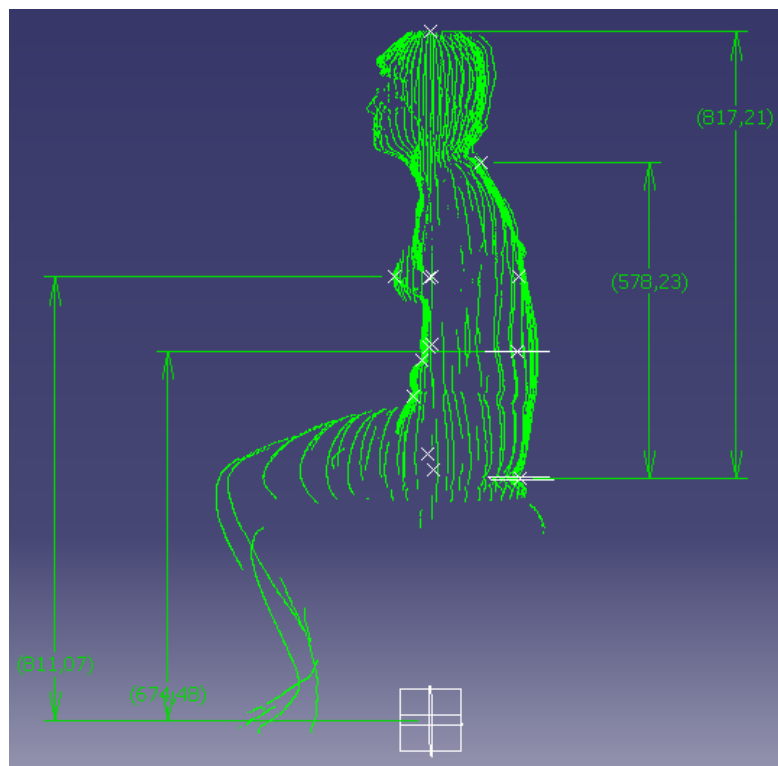
Po otevření programu se musí zvolit příslušná konfigurace (Shape) a oblast „Digitized Shape Editor“. Zde načíst vytvořená a uložená data z programu Mit MaNescan pomocí ikony „Import“. Po výběru a potvrzení příslušného souboru s uloženými souřadnicemi x, y, z dojde k vytvoření nového produktu a zobrazení 3D modelu povrchu lidského těla.

Stejně jako u kontaktního měření je nutné nejprve určit základní somatometrické body. Proto se musí přepnout do oblasti „Generative Shape Design“, kde je možné vytvářet prvky a měřit jednotlivé rozměry. U těchto měření je třeba model otáčet do různých poloh, kvůli správnému určení somatometrických bodů.

Pro změření určitých rozměrů však nestačí pouze základní somatometrické body, ale také pomocné body, přímky nebo roviny. U některých rozměrů je postup měření složitější, např. u obvodových.

4.4.1. Postup měření výškových rozměrů

Pro změření výškových rozměrů (viz. Obrázek 14) se musí model natočit z profilu a vytvořit jednotlivé body. U těchto rozměrů se také vytváří rovina v určitých bodech rovnoběžná s rovinou xy , od které je daný rozměr měřen. Pro změření vzdálenosti se i zde využívá funkce „Constraint“.



Obrázek 12: Změřené výškové rozměry

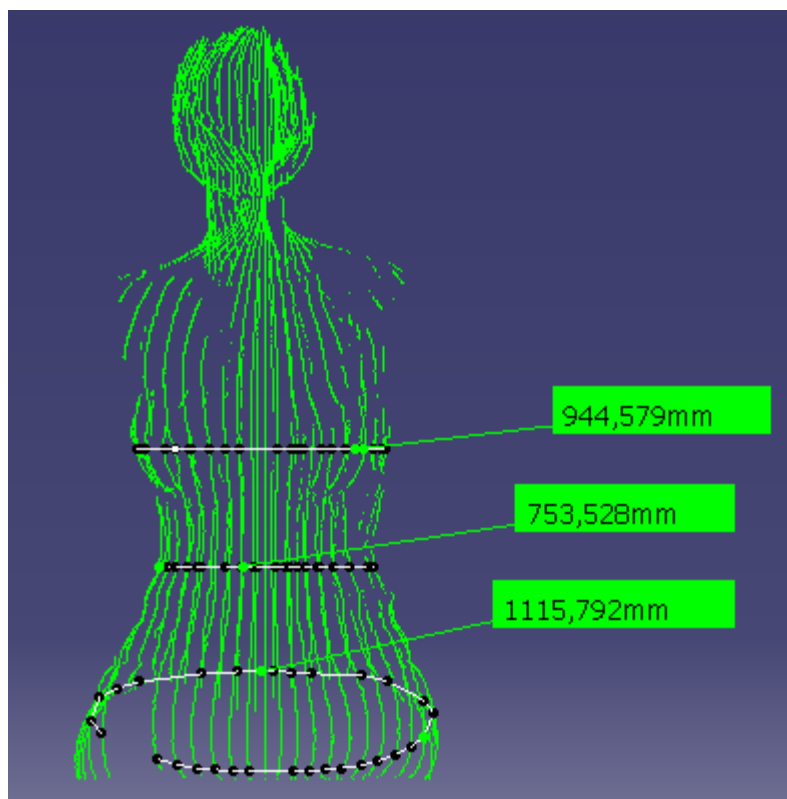
4.4.2. Postup měření obvodových rozměrů

Pro změření obvodových rozměrů (viz. Obrázek 15) se model nejprve natáčí z profilu, popř. z nárysu kvůli vzniku jednotlivých bodů. U těchto rozměrů musí z bodu v daném obvodu vzniknout rovina.

Aby bylo možné změřit obvody, je potřeba v příslušné rovině model rozdělit. To se provádí pomocí funkce „Planar Sections“, označením zdroje načtených dat (při tvorbě modelu) a označením dané roviny. Protože model je tvořen z vertikálních linií, je potřeba po jejich rozdělení jednotlivé linií spojit. Z toho důvodu se model otočí do

půdorysu a pomocí funkce „Curve from Scan“ se vytvoří dvoubodové křivky mezi konci rozdělených vertikálních linií.

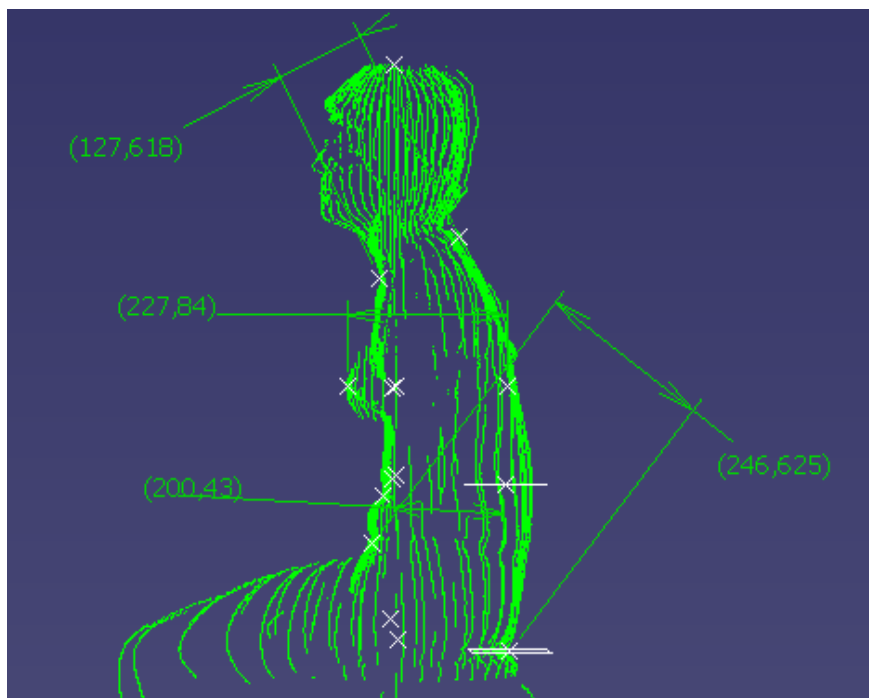
Dalším krokem je přepnutí zpět do oblasti „Generative Shape Design“ a vytvoření ucelené křivky z dvoubodových. Tato spojitá křivka se změří bodovým měřením a hodnota se zapíše do měřicí karty.



Obrázek 13: Postup měření výškových rozměrů

4.4.3. Postup měření profilových šířkových rozměrů

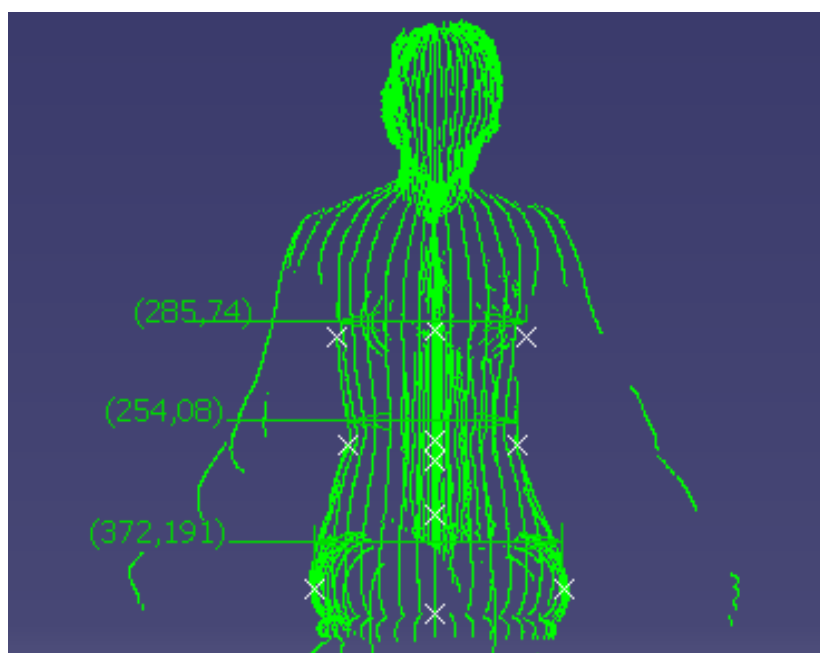
Pro změření profilových šířek (viz. Obrázek 12) je potřeba model otočit z profilu, tj. bokorys a vytvořit jednotlivé body. Vždy pro jeden rozměr dva krajové body. Pro změření vzdálenosti se využívá funkce „Constraint“. Po zobrazení kót stačí rozměry zapsat do měřicí karty probanda. Kvůli lepší přehlednost dalšího měření je vhodné kóty smazat a body skrýt.



Obrázek 14: Změřené profilové šířkové rozměry

4.4.4. Postup měření čelních šířkových rozměrů

Pro měření čelních šířkových rozměrů (viz. Obrázek 13) se musí model promítnout do nárysu. Další postup je shodný s metodou měření profilových šířek.



Obrázek 15: Změřené čelní šířkové rozměry

5. Porovnání výsledků kontaktního měření s bezkontaktním

Po dokončení bezkontaktního měření je nutné všechny hodnoty (viz. Tabulka 3) odečíst od příslušných hodnot kontaktního měření (viz. Tabulka 4). Tím se zjistí rozdíly daných rozměrů. Pro lepší a objektivnější zhodnocení měření je vhodné jednotlivé rozměry rozdělit na výšky, obvody, čelní šířky a profilové šířky. Každá skupina rozměrů má svá specifika při měření u bezkontaktního snímání.

Při kontaktním měření záleží především na zkušenostech pracovníka. U bezkontaktního měření jsou kromě zkušeností pracovníka důležité i použité metoda snímání, pečlivost při vyhodnocení snímků a pokročilost ovládání CAD programu sloužícího pro měření hodnot 3D objektu.

U snímání povrchu lidského těla sedící postavy s využitím zařízení MaNescan není měřený objekt naskenovaný dokonale. Při nasvícení objektu laserem se části některých vertikálních linií na snímku nezobrazí. Vzhledem k tomu, že fotoaparát tvoří pravou stranu triangulačního trojúhelníka a postava při snímání sedí, jsou některé části lidského těla stíněné. Zadní strana celého těla je viditelná velmi dobře, neboť nemá stíněné úseky. Pouze v podpažní části těla v oblasti hrudníku a pasu vertikální linie zcela chybí, protože jsou částečně kryté pažemi. Tomu nejde u měření sedící postavy zabránit. Při změně polohy rukou by došlo ke změně rozměrů obvodových a některých výškových.

Dalšími problematickými místy jsou především lýtka, jež jsou krytá tělem objektu a vnitřní části stehen. Při pohledu zepředu se v horní polovině těla vertikální linie sbíhají ve středu hrudníku, v okrajových částech pak úplně chybí.

Z tohoto důvodu je problematické některé rozměry správně změřit. U výškových a šířkových rozměrů je měření snadnější. Při chybějící části vertikální linie je možné intuitivně určit bod potřebný k měření. U obvodových rozměrů se však body upravit nedají. Často chybí část potřebná pro změření obvodu a v programu se daná část při zpracování rozměru sama nahradí, avšak nemusí přesně odpovídat skutečnosti.

Po naskenování lidské postavy lze nejen změřit vybrané tělesné rozměry, ale také typ postavy (ohnutá postava, propadlý hrudník, atd.).

Tabulka 3: Rozdíly rozměrů měřených kontaktním a bezkontaktním způsobem

Proband	Výška v sedě od podložky	Výška 7. krčního obratle	Výška prsou	Výška pasu	Obvod hrudníku	Obvod pasu	Šikmý obvod sedu	Čelní šířka hrudníku	Čelní šířka pasu	Čelní šířka sedu	Profilová šířka hrudníku	Profilová šířka pasu	Profilová šířka sedu	Profilová šířka krku
1	0,9	-0,7	-0,6	0,4	1,6	2,2	-2,3	-2,6	-0,7	0,6	-0,5	0	0,4	0,3
2	0,7	1,2	0,6	0,3	-1,5	0,7	-5,7	1,1	2,6	3,5	3,4	1	0,8	0,7
3	1,5	-0,9	0,2	0,9	-1,9	0,7	-1,7	-2	-1,9	-1,7	0,6	-1,4	-2,2	0,4
4	2,4	-0,4	-0,8	-0,9	1,4	-2,2	-3,8	-1,7	-1,2	-0,5	-1	1,8	0,4	0,1
5	0,5	0,5	-0,2	9,2	1,5	3,2	-3,5	-1,4	-1	-0,9	-1,5	-0,8	-2,5	-0,4
6	1,6	0,5	-1,2	1,4	2	-4,4	-6,6	-2,2	-1,1	-1	0,3	-1,5	-1,9	-0,8
7	0,4	1,1	0,2	0,8	0	1,7	-2,4	-1,1	-0,3	-2	-1,3	-1,8	-4,5	0,1
8	-1,6	-0,7	0,7	-1,3	-2,5	-1,3	-5,6	-2,5	-2,8	-1,9	-1,4	0,9	-1,5	0,4
9	1,7	0,3	0,1	0,7	1,5	-2,4	-2,8	-0,4	0,4	-1,1	-1,6	0,4	-1,9	0,5
10	0,5	-0,8	0,5	-0,2	-1,1	1,3	-2,4	1,5	-0,1	-1,1	-1,1	0	-3,1	-0,7
11	-0,7	-0,5	0,5	-0,4	-1,6	-1,4	-2,4	-3,1	-1,6	-4,5	-2,4	0	-3,4	-1
12	1,1	-0,9	1	0,4	0,8	-1,7	-2,3	-4	-1,6	-2,1	-2,04	0,9	-2,9	0,4
13	-0,7	0,9	1,1	-0,7	1,5	-1,8	-3,8	-1,1	-1,1	-0,7	-2,4	-1	-1,4	0,7
14	1	1,6	-1,1	-0,6	-1,4	2,2	-3,3	-1,6	-1,6	-2,1	-3,1	-1,6	-2,6	-0,5
15	1,2	-1,3	-1,3	1,3	-0,9	0,3	-3,9	-3	-3,1	-3	-2,5	0,8	-2,1	0,1
16	2,8	0,3	-0,5	-1	1,5	-2,5	-4,6	-3,2	-3,3	-4,7	-2,6	-2,8	-1,9	0,6
17	2,4	0,4	-0,7	0,7	2,3	-4,3	-3,3	-1,6	-0,4	-2,5	-0,6	-1,3	-1,8	-0,9
18	1,3	-1,6	0,1	-0,1	2,7	-3,2	-5,3	-1,4	0,6	-1,4	-2,6	-0,4	-1,9	0,1
19	1,4	0,9	0	-0,4	-2,3	-2,9	-2,2	-1,8	0,8	-2,9	-1,9	-1,7	-2,6	0,4
20	-0,2	-0,8	-0,1	1,4	1,6	-4,8	-3,2	1,8	0,7	-2	-0,4	-0,7	0,5	-0,5
21	-1,7	-0,5	0	1,4	1,6	-3,3	-3,8	-0,9	-1,2	0,7	0,4	-1,3	-0,5	-0,5
22	1,3	1,3	-0,2	-1,4	2,1	-4,4	-4,3	0,1	-0,9	-0,8	0,8	1	-1	-0,7
23	1,8	1,2	0,5	0,6	-0,7	3,9	-2,2	1,5	-2,9	-0,9	-0,7	1,4	-0,7	0,4
24	0,9	-1	0,7	1,2	0,4	2,8	-4,3	1,1	2,5	-1,1	-0,7	-1,4	0,2	0,6
25	-1,2	0,4	-0,5	0,5	1,2	2,3	-2,3	1,1	-1,6	-1,2	-0,8	-0,8	0,6	0,6
26	1,7	1,1	1,5	0,4	1,7	0,8	-7,1	1,4	1,8	-2,7	0,3	0,4	-0,8	-0,9
27	1,3	-1,4	1,3	0,8	0,7	4,2	-3,2	1,3	-1,8	1,9	-1,4	-0,6	1,7	0,4
28	-1,3	1	-1,8	0,8	-0,9	3,4	-1,6	1,3	1,7	-0,4	-1,4	0,4	0,3	-0,2
29	1	-0,8	-0,8	1,2	-1,4	-5	-2,8	0,6	-0,8	0,4	0,5	-0,7	-0,8	-0,4
30	0,9	-0,9	-1,2	0,6	2,1	-1,3	-2,9	-0,7	-0,8	1,8	-0,5	1	0,7	0,4
\bar{x}	0,76	-0,02	-0,07	0,6	0,4	-0,57	-3,52	-0,78	-0,69	-1,14	-0,94	-0,33	-1,21	-0,01
s_x	1,16	0,94	0,82	1,79	1,55	2,81	1,39	1,68	1,52	1,72	1,32	1,12	1,47	0,54

Po odečtení hodnot měřených kontaktním způsobem od hodnot měřených bezkontaktním způsobem, se z rozdílů vypočte průměrná hodnota, směrodatná odchylka, variační koeficient a stanoví se maximální a minimální hodnoty rozdílů.

5.1. Vyhodnocení výškových rozměrů

U výškových rozměrů nejsou rozdíly velké. Průměrná hodnota rozdílu je přibližně -1 cm a podle směrodatné odchylky a variačního koeficientu můžeme usuzovat, že naměřené hodnoty nejsou příliš odlišné.

Při bezkontaktním měření těchto hodnot je důležité především správné určení somatometrických bodů. To většinou není problém, neboť tyto body jsou po naskenování na 3D modelu velmi dobře viditelné.

Všechny vybrané výškové rozdíly mají přibližně stejné hodnoty směrodatných odchylek. Neexistuje žádný faktor, který by měření těchto rozměrů ovlivnil. Hodnocení probíhá na základě statistických ukazatelů výškových rozměrů (viz. Tabulka 4).

Tabulka 4: Statistické ukazatele výškových rozměrů

Statistický ukazatel	Hodnota
\bar{x}	-1,23
s_x	1,29
Min	-1,6
Max	2,8
v_x	1,66

5.2. Vyhodnocení obvodových rozměrů

Obvodové rozměry mají sice průměrnou hodnotu (viz. Tabulka 5) rozdílu cca -1 cm, ale jednotlivé hodnoty rozdílů jsou velmi odlišné. U některých probandů činí rozdíl až 7 cm k minimu. To způsobuje především nedokonalé naskenování lidské postavy.

Z těchto rozměrů má především obvod pasu nejvíce proměnlivé hodnoty. Směrodatná odchylka činí téměř 3 cm. Obvod sedu má naopak velmi stabilní rozdíly hodnot, ale jsou velké. Právě proto jsou obvodové rozměry nejméně spolehlivé při bezkontaktním měření. Největším problémem jsou stíněné části těla při snímání.

Tabulka 5: Statistické ukazatele obvodových rozměrů

Statistický ukazatel	Hodnota
\bar{x}	-1,23
s_x	2,59
Min	-7,1
Max	3,5
v_x	6,85

5.3. Vyhodnocení čelních šířkových rozměrů

Čelní šířkové rozměry nemají průměrnou hodnotu rozdílu ani -1 cm a podle směrodatné odchylky a variačního koeficientu (viz. Tabulka 6) můžeme usuzovat, že naměřené hodnoty nejsou příliš odlišné.

Při bezkontaktním měření těchto hodnot je snad největším problémem správné určení somatometrických bodů při měření čelní šířky sedu. Na 3D modelu není tak jasně viditelná největší vystouplost boků. Při Měření čelní šířky hrudníku a pasu je nutné uvažovat i nedokonalé zobrazení podpažních částí lidského těla.

Všechny rozdíly vybraných čelních šířkových rozdílů mají přibližně stejné hodnoty směrodatných odchylek. Velikost jejich rozdílů činí téměř 5 cm k minimu a 3,5 cm k maximu.

Tabulka 6: Statistické ukazatele čelních šířkových rozměrů

Statistický ukazatel	Hodnota
\bar{x}	-0,87
s_x	1,63
Min	-4,7
Max	3,5
v_x	2,73

5.4. Vyhodnocení profilových šířkových rozměrů

Průměrná hodnota profilových šířkových rozměrů (viz. Tabulka 7) přesahuje pouze -0,5 cm a podle směrodatné odchylky a variačního koeficientu jsou naměřené hodnoty velmi stálé.

U bezkontaktního měření těchto hodnot se somatometrické body určují celkem snadno. Snad jen u profilové šířky sedu jsou body pro měření obtížněji stanovitelné.

Velikost směrodatné odchylky zde ovlivňuje především profilová šířka sedu. Průměrná hodnota tohoto rozměru je přes 1 cm. Naopak u profilové šířky krku se hodnoty u kontaktního a bezkontaktního měření téměř shodují.

Tabulka 7: Statistické ukazatele profilových šířkových rozměrů

Statistický ukazatel	Hodnota
\bar{x}	-0,62
s_x	1,24
Min	-4,5
Max	3,4
v_x	1,59

5.5. Zhodnocení všech měřených tělesných rozměrů

Vzhledem k rozměrům měřených kontaktním způsobem jsou nejproblematictější obvodové rozměry. A to nejen kvůli složitému vyhodnocení, ale také kvůli nepřesnému naskenování a tzv. hluchým místům na 3D modelu. Největší rozdíly měl rozměr šikmý obvod sedu. Naopak téměř shodné s hodnotami kontaktního měření byla profilová šířka krku.

Dobré výsledky jsou především z výškových rozměrů. O uspokojivých hodnotách se dá mluvit u šířkových rozměrů. Problematické by mohly být rozměry povrchové, především ve vyhodnocení v CAD programu.

Průměrná hodnota bezkontaktního měření činí -0,5 cm, celkově jsou tedy rozměry nižší než u měření kontaktního. Podle směrodatné odchylky a variačního koeficientu (viz. Tabulka 8) můžeme usuzovat, že naměřené hodnoty jsou značně odlišné.

Tabulka 8: Statistické ukazatele měřených rozměrů

Statistický ukazatel	Hodnota
\bar{x}	-0,5
s_x	1,82
v_x	3,32

Závěr

Bakalářská práce se zabývala problematikou snímání povrchu sedící postavy s využitím systému MaNescan. Byly zde uvedeny principy bezkontaktního snímání, druhy scannerů, typy a funkce laseru. Dále zde byla charakterizována všechna zařízení a programy potřebné pro bezkontaktní a kontaktní měření. Část práce je zaměřena na popis činností při skenování, způsob vyhodnocení a měření v CAD programu.

Veškeré informace o 3D scannerech byly nalezeny pouze prostřednictvím internetu, neboť neexistuje žádná oficiální publikace zabývající se uceleně tímto tématem.

Cílem bakalářské práce bylo vyhodnotit somatometrické šetření sedících postav měřených kontaktním a bezkontaktním způsobem. Proto bylo zapotřebí určit tělesné rozměry a měřený homogenní soubor prvků. Po vyhodnocení snímků bezkontaktního snímání se změřily stejné rozměry jako u kontaktního měření. Na základě porovnání hodnot kontaktního a bezkontaktního měření a výběrových charakteristik se stanovily závěry. Z rozdílů hodnot vyplynulo, že nejméně přesným rozměrem při bezkontaktním měření sedící postavy je šikmý obvod sedu a naopak nejpřesnější je profilová šířka krku. Celkově nejproblematictější jsou obvodové rozměry. A to nejen kvůli málo přesným hodnotám, ale také z důvodu složitosti jejich měření v CAD programu. Měření by bylo možné zpřesnit třeba použitím dvou fotoaparátů nebo kamery. To by mohlo být předmětem dalšího výzkumu.

Laserové skenování v systému MaNescan je rychlá a pokroková metoda, ale zpracování daných výstupů není zcela jednoduché. Především software pro vyhodnocení měření je složitý a činnost zdlouhavá. A to i při vyhodnocení zkušeným pracovníkem. Tento systém bych doporučovala především pro studijní účely v předmětech Konstrukce oděvů a CAD/CAM systémy v oděvní výrobě.

Využití tohoto systému např. pro metodu MTM není příliš vhodné z důvodu větších odchylek některých důležitých rozměrů a náročnosti na vyhodnocení. Mohla by však být dobrým podnětem k využití podobného systému v oděvním průmyslu u nás. Využití by mohla nalézt nejen v oděvnictví, ale také při somatometrickém šetření. Na základě výsledků bakalářské práce bych doporučila další vyzkoušet i jiný CAD program pro měření tělesných rozměrů.

6. Seznam použité literatury

- [1] Wikipedia: [online], [cit.2009.01.26.], <<http://cs.wikipedia.org/wiki/CCD>>
- [2] Strumban E. J., Štoll I.: Lasery a optoelektronika, Panorama, Praha, 1989
- [3] Navrátil R.: 3D skenery [online], [cit. 2009.02.09],
<<http://robo.hyperlink.cz/3dskenery/index.html>>
- [4] Ústav metrologie a zkušebnictví. Úvod do laserové interferometrie [online], [cit. 2009.02.09], <http://www.umz.fme.vutbr.cz/uvod_lasery.ppt>.
- [5] Tišnovský P.: Bezkontaktní digitalizace předmětů pomocí 3D scanneru Minolta Vivid VI-700, [online], [cit. 2009.02.09],
<http://www.elektrorevue.cz/clanky/03013/kap_2.htm>
- [6] Wikipedia: [online], [cit.2009.01.26.], <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Laser>>
- [7] Doc. Dr. Taraba O., Ing. Kodeš J.: Základy světla – lasery, ROH, Praha, 1965.
- [8] ČSN EN 60825-1: Bezpečnost laserových zařízení - Část 1: Klasifikace zařízení, požadavky a pokyny pro používání, 1998
- [9] Ing. Zatloukal L.: Konstrukce oděvů 1, Skripta TUL, Prostějov, 2007
- [10] ČSN 80 0090: Metodika měření tělesných rozměrů mužů, žen, chlapců a dívek, 1993
- [11] Catia: [online], [cit.2009.02.12.], <<http://www.catia.cz/CATIA-V5.12.0.html>>
- [12] Manuály Catia V5 od společnosti TechnoCentrum CAD s.r.o.

7. Seznam obrázků

Obrázek 1: Rozdělení podle způsobu snímání.....	12
Obrázek 2: Rozdělení 3D skenerů podle způsobu digitalizace.....	13
Obrázek 3: Zobrazení součástí interferometrie.....	16
Obrázek 4: Metoda 2D aktivní triangulace.....	17
Obrázek 5: Spektrum viditelného světla.....	18
Obrázek 6: Sestava systému MaNescan	21
Obrázek 7: Kalibrační předmět.....	22
Obrázek 8: Zpracování dat po naskenování.....	26
Obrázek 9: Schéma antropometru a torakometru	29
Obrázek 10: Měření šikmého obvodu sedu	30
Obrázek 11: Logo programu Catia	32
Obrázek 12: Změřené výškové rozměry	37
Obrázek 13: Postup měření výškových rozměrů	38
Obrázek 14: Změřené profilové šířkové rozměry.....	39
Obrázek 15: Změřené čelní šířkové rozměry.....	39

8. Seznam tabulek

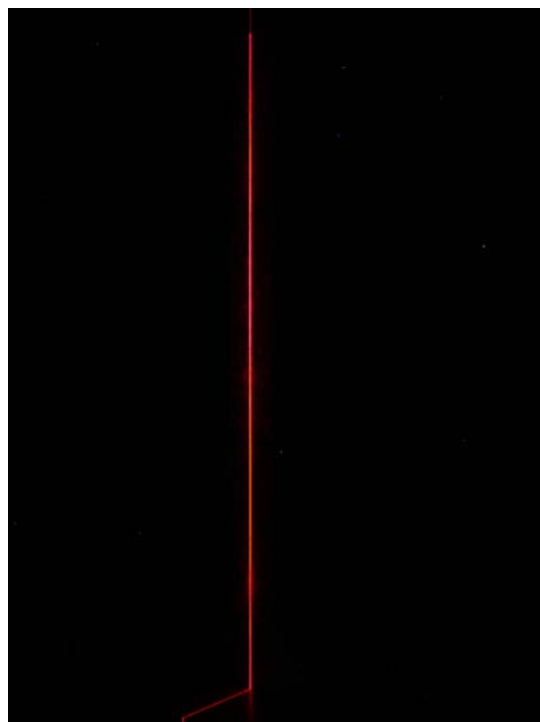
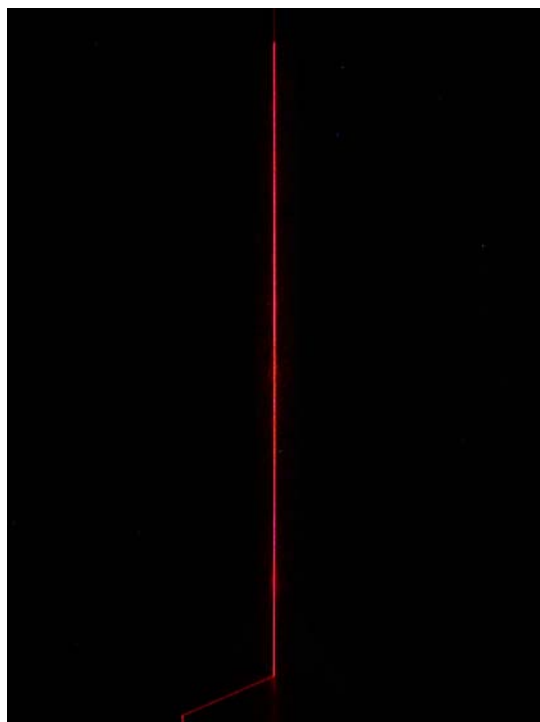
Tabulka 1: Parametry laseru IMM-1255L-635-1-100-K.....	23
Tabulka 2: Ikony základních nástrojů programu Catia V5 R16	35
Tabulka 3: Rozdíly rozměrů měřených kontaktním a bezkontaktním způsobem	41
Tabulka 4: Statistické ukazatele výškových rozměrů.....	42
Tabulka 5: Statistické ukazatele obvodových rozměrů	43
Tabulka 6: Statistické ukazatele čelních šířkových rozměrů.....	43
Tabulka 7: Statistické ukazatele profilových šířkových rozměrů.....	44
Tabulka 8: Statistické ukazatele měřených rozměrů	44

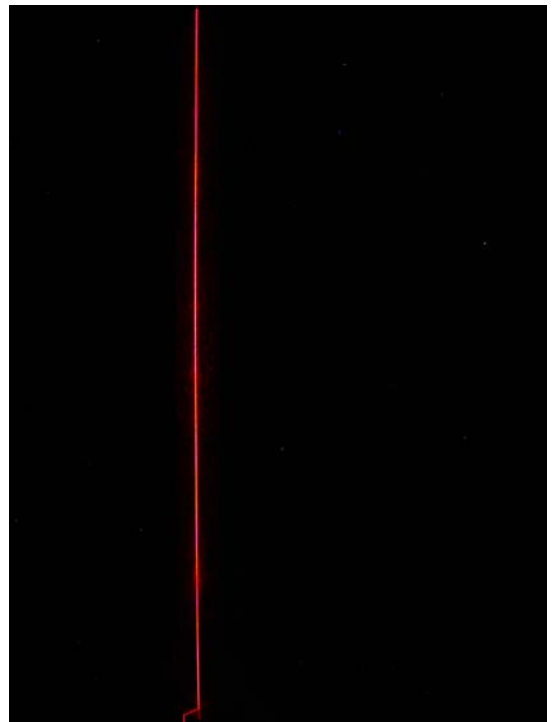
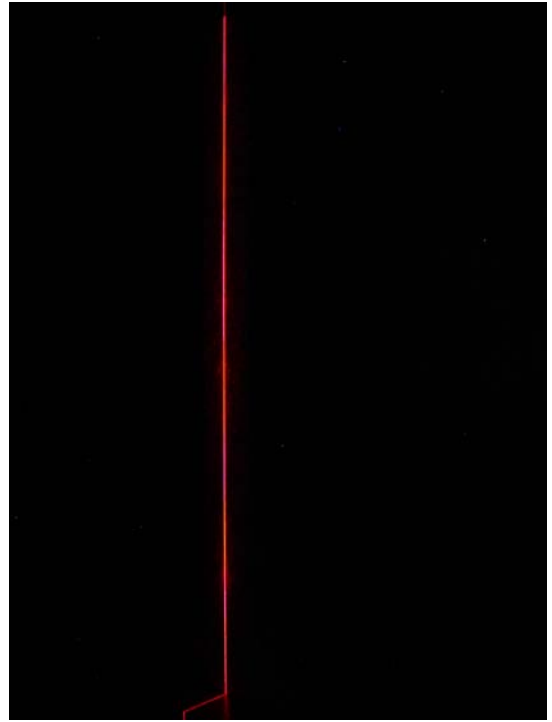
9. Seznam příloh

Příloha 1: Kalibrační snímky	2
Příloha 2: Snímky lidské postavy	4
Příloha 3: Rozměry bezkontaktního měření	15
Příloha 4: Rozměry kontaktního měření.....	16

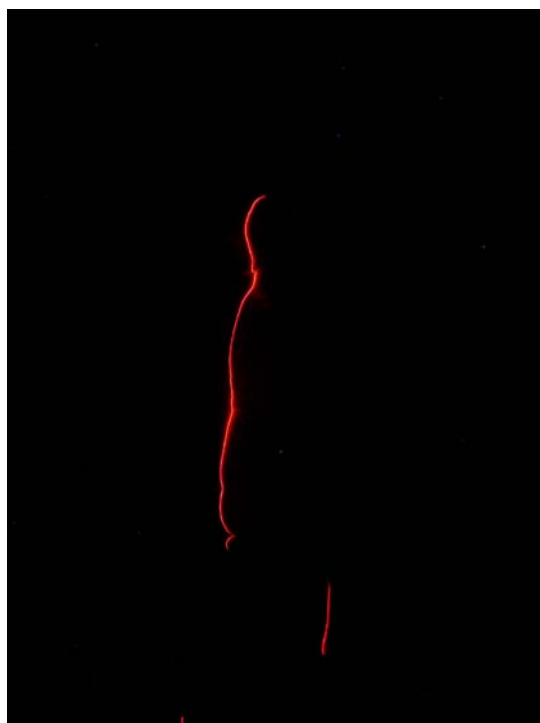
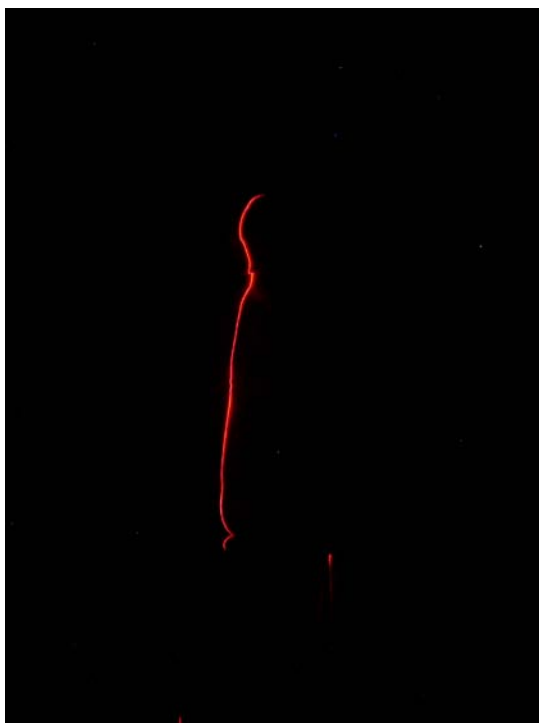
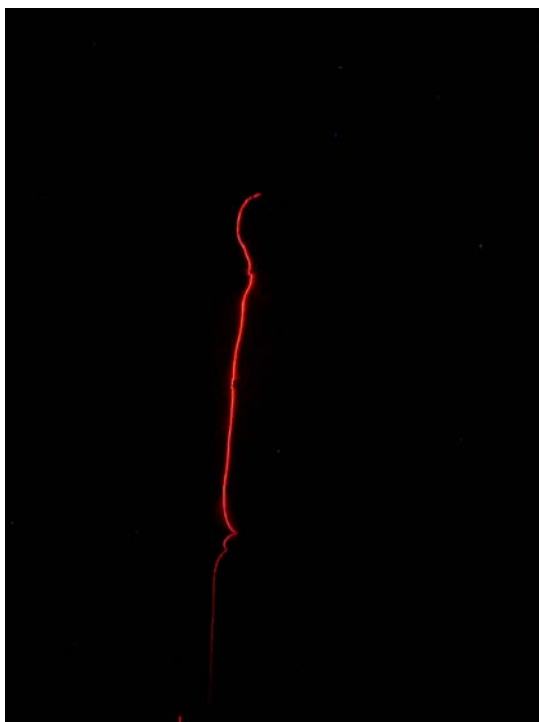
Přílohy

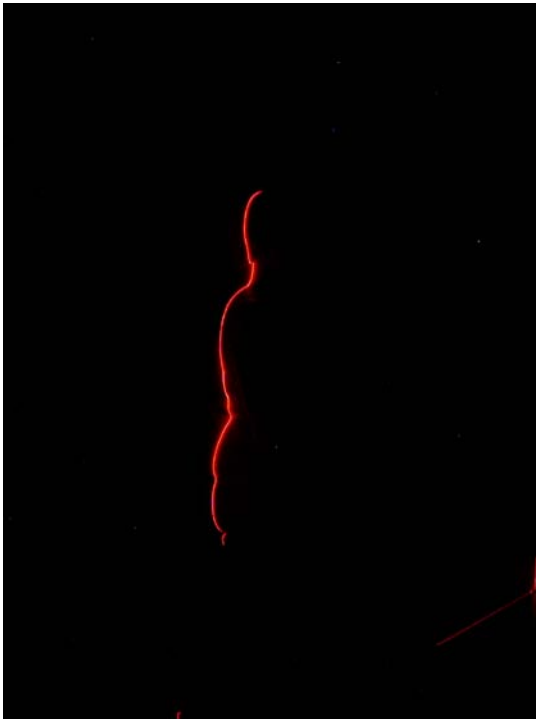
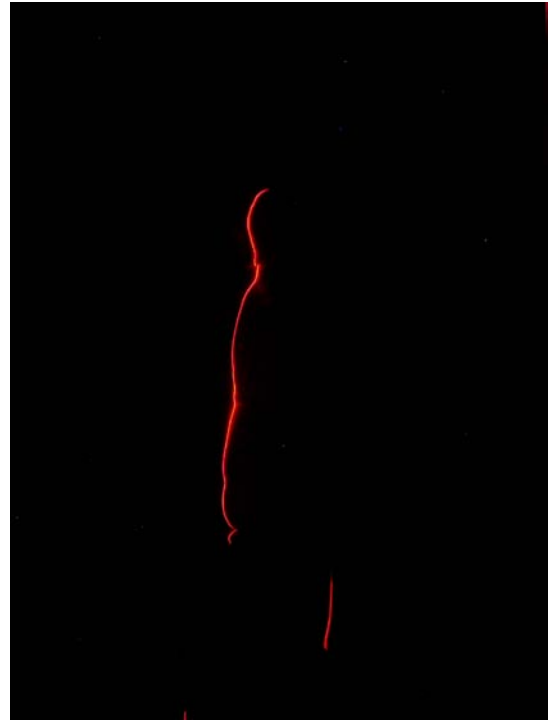
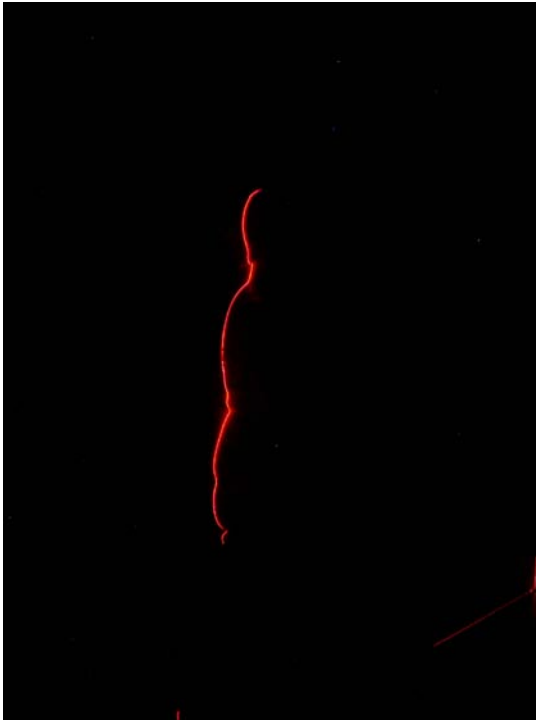
Příloha 1: Kalibrační snímky





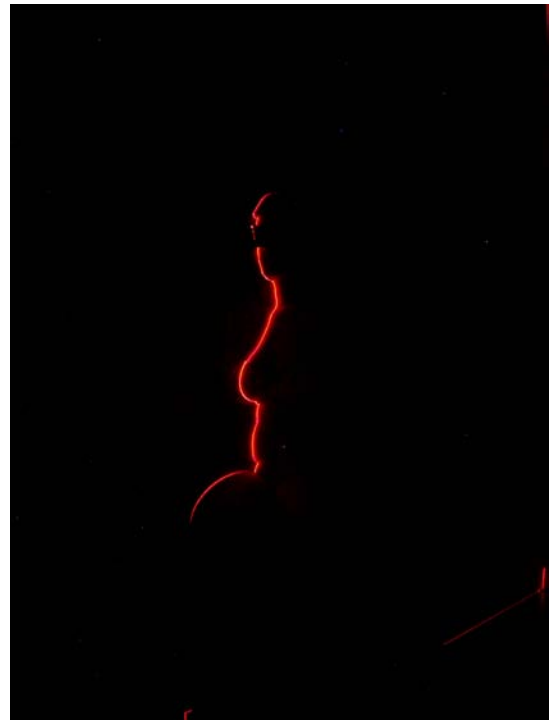
Příloha 2: Snímky lidské postavy

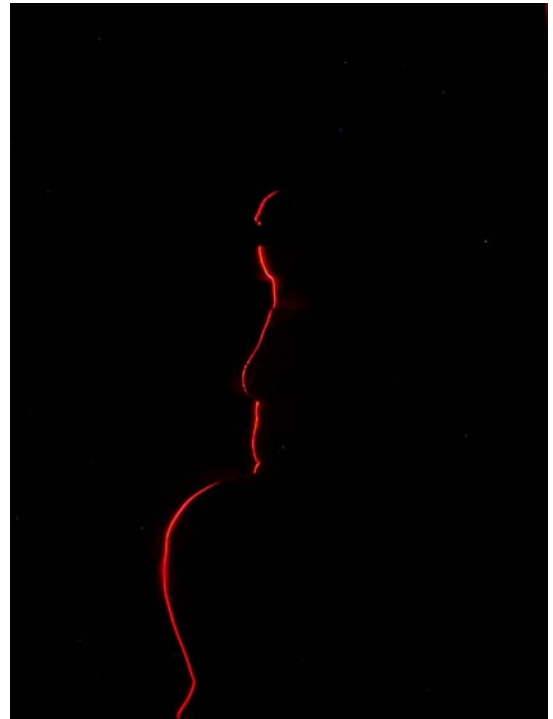


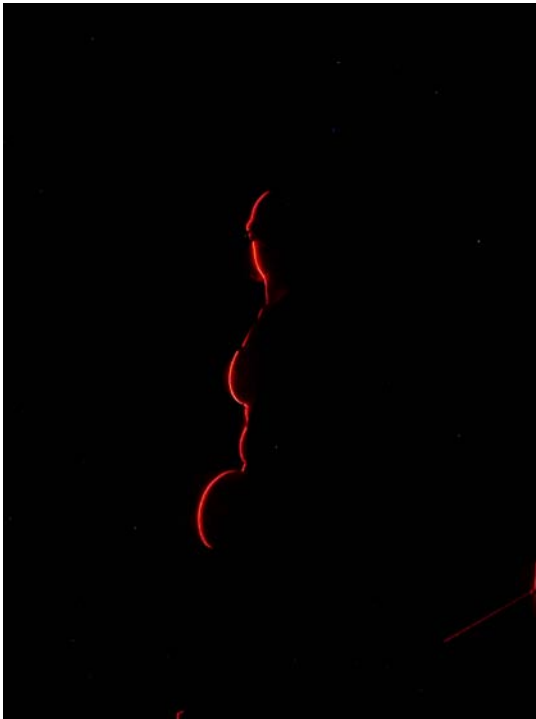


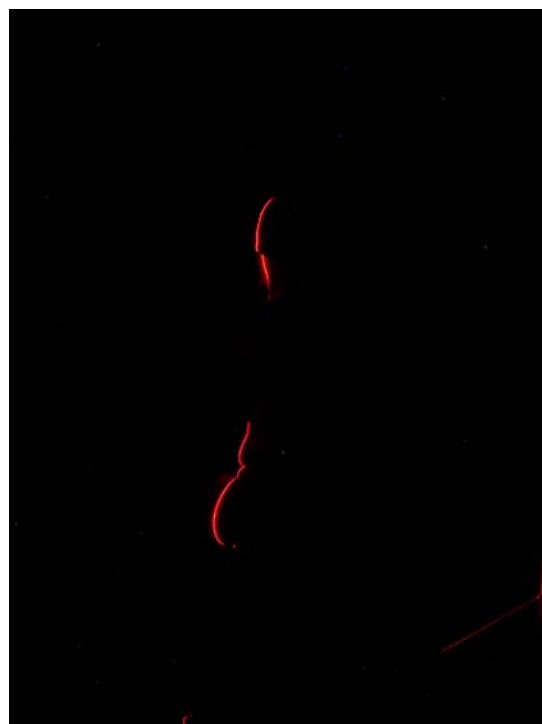
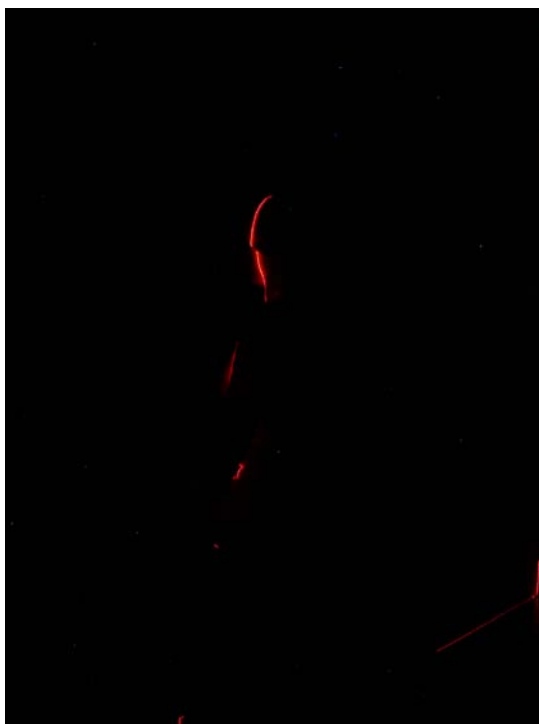


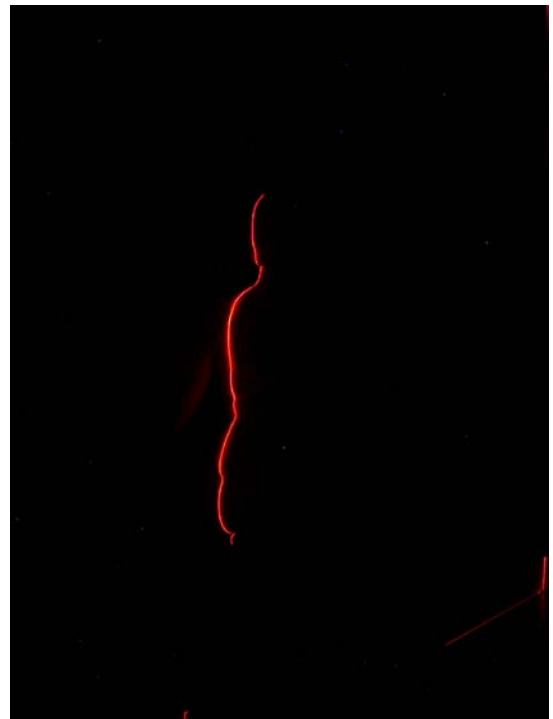
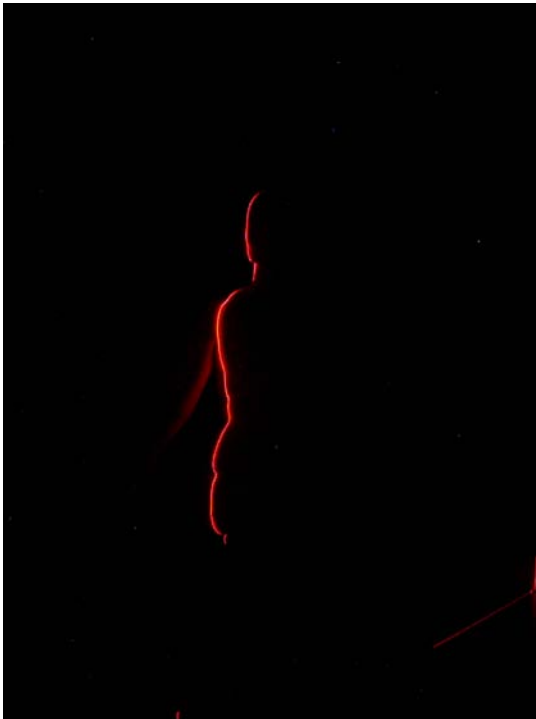
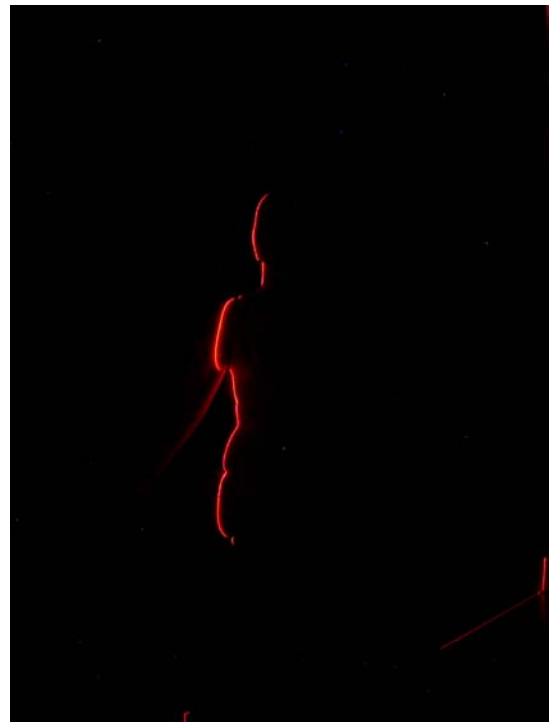


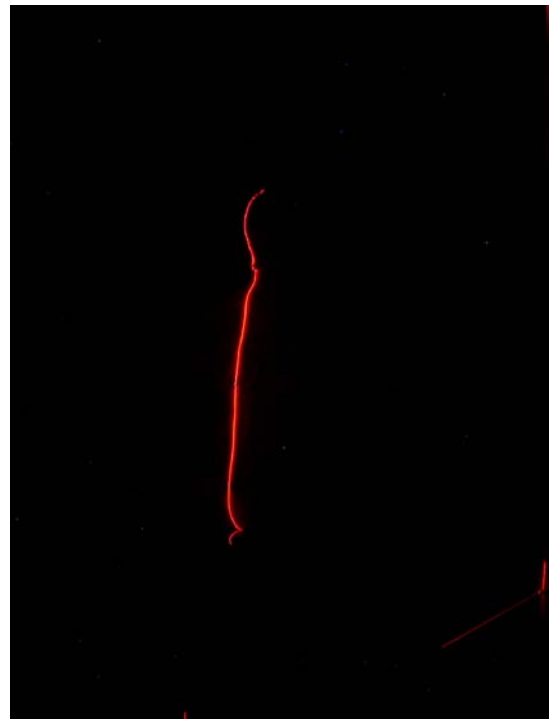
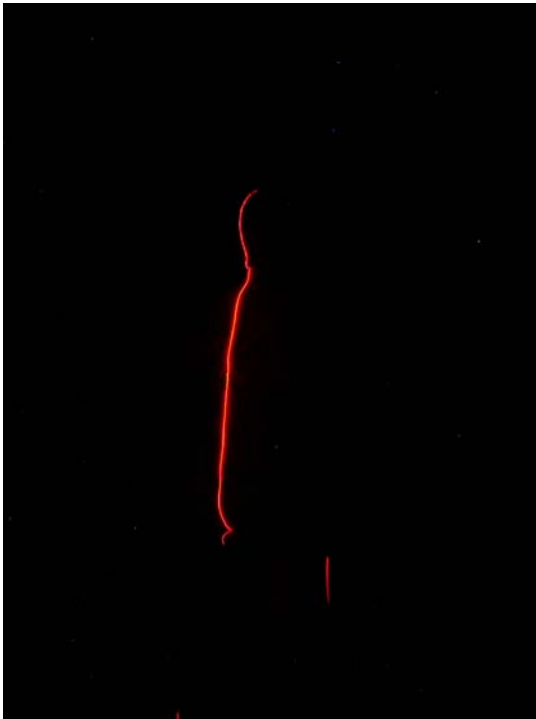
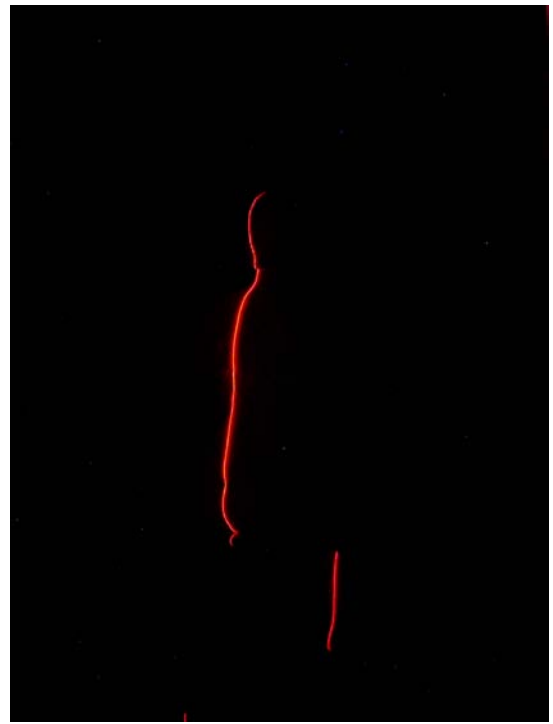
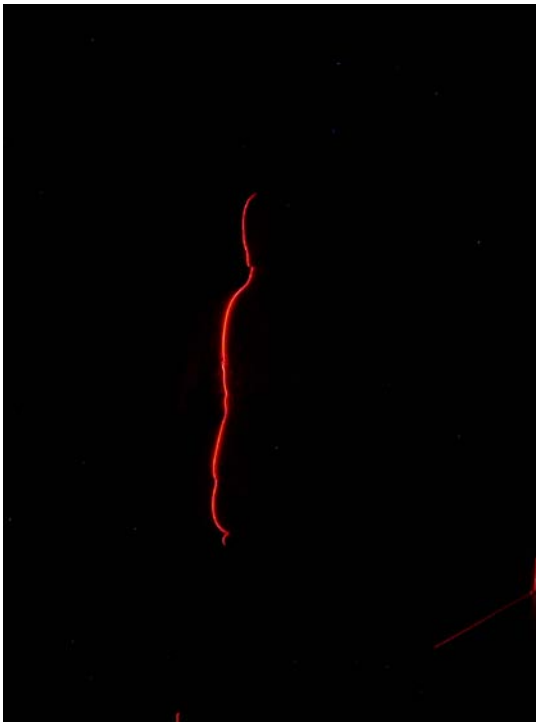


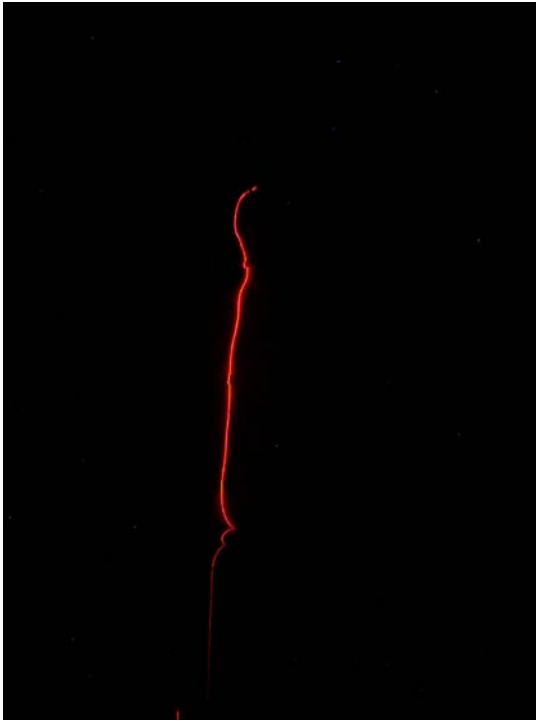












Příloha 3: Rozměry bezkontaktního měření

Proband	Výška v sedě od podložky	Výška 7. krčního obratle	Výška prsou	Výška pasu	Obvod hrudníku	Obvod pasu	Šikmý obvod sedu	Čelní šířka hrudníku	Čelní šířka pasu	Čelní šířka sedu	Profilová šířka hrudníku	Profilová šířka pasu	Profilová šířka sedu	Profilová šířka krku
1	89,1	64,7	85,7	74	99,4	81,3	116	27,4	26,5	45,9	28,5	24,3	27,5	11,3
2	85,3	62,3	81	66	88	72,1	105	23	21,6	32,1	19,5	15	19,3	9,8
3	42,6	65,9	88	71,6	86,9	64,8	95,2	28,6	25,4	37,2	22,7	17,7	23,3	8,6
4	85,2	60,1	82,8	70,5	94,1	88,2	117	31,5	30,2	44,5	26,5	24,6	27,9	10,4
5	86	61,8	86,1	70,6	110	90,8	132	34,5	34,9	48,8	32,5	29,3	33,8	12,3
6	87,1	65,7	85,8	72,6	94,5	75,4	112	29,5	26,3	42,8	25,7	19,7	28,5	10,2
7	86,9	62	87,9	73,7	92	76,3	109	29,8	26,9	45,1	24,4	22,6	29,1	9,4
8	81,6	57,2	81,1	67,4	88	70,3	96,1	28	26,4	38,1	22,8	17,3	22,8	9,6
9	81,7	63	81,9	73	92,5	75,9	110	28,9	25,2	39,9	25,1	20,5	27,9	9,4
10	84,2	61,9	79,4	67,1	91,1	67,2	96,9	26	23,7	36,5	24,6	16,1	24,1	10,3
11	89,1	64,2	89,6	73,1	88,6	69,4	105	28	24,8	42,2	24,9	18,4	26,6	10,7
12	87,9	66,4	87	74,2	90,7	76,2	104	29,9	27	40,8	26,4	19,1	28,2	9,7
13	90,6	65,2	85,6	71,1	118	107	131	39,4	37,2	47,1	34,1	30,4	33,4	13,9
14	85,6	61,4	85,9	70,8	91,4	71,8	105	27,5	27,2	40,7	25,4	20,1	27,1	10,2
15	76,9	56,9	83,4	69,1	88,9	73,7	97,9	28,5	27,5	39,4	25,3	21,3	26,1	9,4
16	75,8	54,7	83,2	69	82,5	70,5	103	27,7	26,5	42,6	25,4	19,5	27	9,3
17	90,8	67,1	91,5	76,2	95,2	84,8	112	29,6	27,1	42,7	26,7	22,7	28,8	11,2
18	89,9	67,9	92	75,4	92,3	76,2	107	29,2	25,5	38,6	26,6	19,5	25,6	10,9
19	88,3	65	87,7	71,7	94,3	75,9	105	28,1	24,6	41,2	26,4	21,2	27	10
20	92,6	68,4	90,6	74,4	94,9	83,8	117	27,4	27,1	42,7	25,1	22,3	25,9	10,2
21	84	68,4	82	70,5	86,4	80,3	104	26,3	26,8	37,9	22,8	21,6	23,1	11
22	80,5	57,3	83,2	70,3	81,9	75,9	106	23,9	25,9	40,3	20,6	17,9	24,8	10,3
23	81,9	60,2	85,9	74,5	91,2	69,6	107	27,5	27,9	38,1	24,7	18,4	25,3	9,7
24	81,3	59,9	81,8	70,2	93,6	78,2	107	25,1	23,8	37,3	26	23,7	25,9	9,8
25	85,8	61,8	107	73,5	104	84,7	117	30,8	32,7	42,8	30,2	26,1	28,4	10,6
26	82,1	58,2	82,2	72,5	99,3	85,2	119	28,6	24,3	43	27,7	26	26,2	11,5
27	87,3	63,7	86,7	73,7	95,3	76,3	112	28,1	28,8	37,6	26,8	21,2	22,9	9,7
28	85,3	60,4	86,7	74	85,9	66,1	100	24,9	21,5	37,2	23,9	18,5	22,7	10,6
29	93,6	71,1	94,4	75	92,4	75	113	26,4	26,2	40,2	23,6	18,9	26,3	10,4
30	81,5	61,5	83	71,3	98,9	86,3	112	31,2	28,1	38,9	28,7	23,8	26,8	10,2

Příloha 4: Rozměry kontaktního měření

Proband	Výška v sedě od podložky	Výška 7. krčního obratle	Výška prsou	Výška pasu	Obvod hrudníku	Obvod pasu	Šikmý obvod sedu	Čelní šířka hrudníku	Čelní šířka pasu	Čelní šířka sedu	Profilová šířka hrudníku	Profilová šířka pasu	Profilová šířka sedu	Profilová šířka krku
1	90	64	85,1	74,4	101	83,5	114	24,8	25,8	46,5	28	24,3	27,9	11,6
2	86	63,5	81,6	66,3	86,5	72,8	99	24,1	24,2	35,6	22,9	16	20,1	10,5
3	44,1	65	88,2	72,5	85	65,5	93,5	26,6	23,5	35,5	23,3	16,3	21,1	9
4	87,6	59,7	82	69,6	95,5	86	114	29,8	29	44	25,5	26,4	28,3	10,5
5	86,5	62,3	85,9	79,8	112	94	128	33,1	33,9	47,9	31	28,5	31,3	11,9
6	88,7	66,2	84,6	74	96,5	71	105	27,3	25,2	41,8	26	18,2	26,6	9,4
7	87,3	63,1	88,1	74,5	92	78	107	28,7	26,6	43,1	23,1	20,8	24,6	9,5
8	80	56,5	81,8	66,1	85,5	69	90,5	25,5	23,6	36,2	21,4	18,2	21,3	10
9	83,4	63,3	82	73,7	94	73,5	107	28,5	25,6	38,8	23,5	20,9	26	9,9
10	84,7	61,1	79,9	66,9	90	68,5	94,5	27,5	23,6	35,4	23,5	16,1	21	9,6
11	88,4	63,7	90,1	72,7	87	68	103	24,9	23,2	37,7	22,5	18,4	23,2	9,7
12	89	65,5	88	74,6	91,5	74,5	101	25,9	25,4	38,7	24,4	20	25,3	10,1
13	89,9	66,1	86,7	70,4	120	106	127	38,3	36,1	46,4	31,7	29,4	32	14,6
14	86,6	63	84,8	70,2	90	74	102	25,9	25,6	38,6	22,3	18,5	24,5	9,7
15	78,1	55,6	82,1	70,4	88	74	94	25,5	24,4	36,4	22,8	22,1	24	9,5
16	78,6	55	82,7	68	84	68	98	24,5	23,2	37,9	22,8	16,7	25,1	9,9
17	93,2	67,5	90,8	76,9	97,5	80,5	109	28	26,7	40,2	26,1	21,4	27	10,3
18	91,2	66,3	92,1	75,3	95	73	102	27,8	26,1	37,2	24	19,1	23,7	11
19	89,7	65,9	87,7	71,3	92	73	103	26,3	25,4	38,3	24,5	19,5	24,4	10,4
20	92,4	67,6	90,5	75,8	96,5	79	114	29,2	27,8	40,7	24,7	21,6	26,4	9,7
21	82,3	67,9	82	71,9	88	77	100	25,4	25,6	38,6	23,2	20,3	22,6	10,5
22	81,8	58,6	83	68,9	84	71,5	102	24	25	39,5	21,4	18,9	23,8	9,6
23	83,7	61,4	86,4	75,1	90,5	73,5	105	29	25	37,2	24	19,8	24,6	10,1
24	82,2	58,9	82,5	71,4	94	81	103	26,2	26,3	36,2	25,3	22,3	26,1	10,4
25	84,6	62,2	106	74	105	87	115	31,9	31,1	41,6	29,4	25,3	29	11,2
26	83,8	59,3	83,7	72,9	101	86	112	30	26,1	40,3	28	26,4	25,4	10,6
27	88,6	62,3	88	74,5	96	80,5	109	29,4	27	39,5	25,4	20,6	24,6	10,1
28	84	61,4	84,9	74,8	85	69,5	98,5	26,2	23,2	36,8	22,5	18,9	23	10,4
29	94,6	70,3	93,6	76,2	91	70	110	27	25,4	40,6	24,1	18,2	25,5	10
30	82,4	60,6	81,8	71,9	101	85	110	30,5	27,3	40,7	28,2	24,8	27,5	10,6